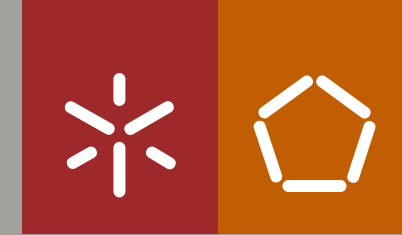


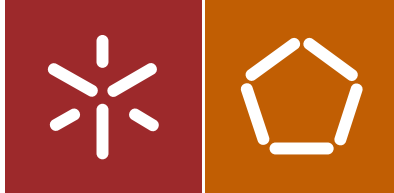


Alessandra Brandani Biggi

Conceção e Desenvolvimento de Tecidos  
Multifuncionais para Alívio de Pressão e  
Detecção de Humidade

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia





Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Alessandra Brandani Biggi

Conceção e Desenvolvimento de Tecidos  
Multifuncionais para Alívio de Pressão e  
Deteção de Humidade

Tese de Doutoramento  
Doutoramento em Engenharia Têxtil

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professora Doutora Ana Maria Moreira Ferreira Rocha  
Professor Doutor Washington Luiz Félix Santos

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração da presente tese. Confirmando que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri à prática de plágio ou a qualquer forma de falsificação de resultados.

Mais declaro que tomei conhecimento integral do Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho,                      de                      de                      .

Nome completo: Alessandra Brandani Biggi

Assinatura:

*Alessandra Brandani Biggi*

## Agradecimentos

A Deus, pela vida, pelas bênçãos e por este particular momento. Ao meu esposo Eduardo e meus filhos Davi e Larissa, que são os maiores presentes que Deus poderia ter me dado nesta vida, tem sido para mim uma fonte de inspiração, tem dado forças para continuar a trabalhar, o que levou muitas vezes a privá-los da minha presença. Aos meus pais, Ronaldo e Marisa, aos meus irmãos, Ronaldo e Aline, ao meu sogro, Luiz e a minha sogra, Antonia, pelo amor e dedicação que sempre tiveram comigo, meu eterno agradecimento pelos momentos em que estiveram ao meu lado, apoiando-me e fazendo acreditar que nada é impossível.

À Universidade do Minho (UMINHO), ao Departamento de Engenharia Têxtil (DET) e ao Programa de Doutorado do Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil (2C2T) pela infraestrutura, materiais e equipamentos disponibilizados, os quais foram fundamentais para a condução desta investigação. À Universidade Estadual de Maringá e em especial ao Departamento de Engenharia Têxtil, pela infraestrutura, materiais e equipamentos disponibilizados para a realização deste trabalho. Desejo retribuir, contribuindo para o seu crescimento.

Ao Professor Doutor Fernando Batista Nunes Ferreira, diretor do 2C2T da UMINHO, pela atenção, compreensão e auxílio nos momentos de dúvida.

À Universidade Estadual de Maringá e à Fundação Auracária pelo incentivo, por meio de investimento para realização desta investigação.

Em especial, gostaria de agradecer a Professora Doutora Ana Maria Moreira Ferreira Rocha, por quem tenho grande admiração, pela orientação, confiança depositada neste desafio, comprometimento profissional, pelos ensinamentos transferidos, por sempre exigir o melhor, mesmo considerando minhas dificuldades. Muito obrigado pelas horas de atenção e ensinamentos, foram fundamentais para esta pesquisa. Ao Professor Doutor Washington Luiz Felix Santos, por ter aceitado a coorientação e pelo comprometimento profissional, pelos ensinamentos transferidos, por todo empenho, dedicação, apoio e confiança ao trabalho.

À empresa Somelos Tecidos, que permitiu a produção dos tecidos e não mediram esforços em fazer com que este trabalho fosse realizado. E em especial ao Engenheiro Arnaldo Machado da Somelos Tecidos pela atenção prestada durante o desenvolvimento dos tecidos.

À Anabela Pereira, Avelino Machado Ferreira, e em especial Joaquim Jorge Gomes Peixoto, técnicos do laboratório do DET da UMINHO, obrigada pelo auxílio em momentos de dificuldade, por compartilhar seus conhecimentos e experiências, pela convivência, pela amizade. À todos amigos do doutoramento, muito obrigada pelo apoio e companhia. E a todos que me auxiliaram direta ou indiretamente para a realização desta investigação.

## ABSTRACT

The development of woven fabrics with functionalities promoted by the structure is an increasing topic of research in several areas. In the health and well-being areas, particularly when comfort related properties are of utmost importance, namely in the reduction of the interface pressure between the body and the contact surface, the constructional characteristics of fabrics are determinant to achieve the required functionalities.

This thesis is focused in the design and development of 3D structures, based on bi-layered woven fabrics, that simultaneously promote pressure-relief, thermal comfort and moisture detection, to be used as mattress or seat coverings, that may constitute an effective alternative to prevent pressure ulcers to bedridden or people with impaired mobility. In a first stage, the surface patterns of the bi-layered woven fabrics, based on two geometrical shapes with volume, were designed using the CAD Penelope Dobby Pro ® system. In the fabrics development three variable factors were selected: i) weft density of the upper and lower fabrics; ii) filling weft linear density; iii) warps' tension. At this stage, twenty two bi-layered woven fabric samples were produced.

The mechanical, thermal and moisture management properties of all fabrics samples were characterized. In addition, the pressure distribution ability of the fabrics was evaluated, using one and two-ply arrangements, in a functional performance test with healthy volunteers. Finally, it was tested the ability to detect moisture of a fabric sample integrating conductive yarns, produced as a proof of concept prototype.

The results of the studies performed demonstrated that the dimension of the surface pattern and fabrics thickness are determinant characteristics of fabric's performance in reducing body-contact surface interface pressure. The bi-layered woven fabric developed with higher surface pattern area and thicker filling weft linear density depicted, globally, the best properties to be used as support coverings for pressure ulcer prevention. The two-ply arrangement showed superior performance.

The ability of the developed fabrics to detect moisture was also proved.

**Keywords:** multifunctional fabric, bi-layered fabrics, pressure relief, moisture detection.



## RESUMO

O desenvolvimento de tecidos com funcionalidades conferidas pela estrutura tem vindo a ser alvo de interesse crescente de pesquisa em diversas áreas. Na área da saúde e bem-estar, em particular quando propriedades associadas ao conforto assumem importância preponderante, nomeadamente na redução de pressões na interface corpo-superfície de suporte, as características construtivas dos tecidos são determinantes para se atingir as funcionalidades requeridas.

Esta tese focou-se na conceção e desenvolvimento de estruturas têxteis tridimensionais baseadas em tecidos duplos, que simultaneamente promovam alívio de pressão, conforto térmico e deteção de humidade, para serem utilizadas como coberturas para colchões ou cadeiras, que possam constituir uma alternativa eficaz para prevenção de úlceras de pressão em pessoas acamadas ou com mobilidade reduzida. Numa primeira fase conceberam-se os padrões de superfície dos tecidos duplos, baseados em duas formas geométricas com volume, utilizando o sistema CAD Penelope Dobby Pro ®. No desenvolvimento seleccionaram-se três fatores de variação: i) contextura à trama dos tecidos superior e inferior; ii) densidade linear dos fios de trama de enchimento; iii) tensão das teias. No final desta fase produziram-se 22 amostras de tecidos duplos.

Todas as amostras de tecidos foram caracterizadas quanto às propriedades mecânicas, térmicas e de gestão de humidade. Foi ainda avaliada a capacidade de distribuição de pressão dos tecidos, em arranjos de uma e duas camadas, em teste de desempenho funcional com indivíduos saudáveis. Por fim testou-se a capacidade de deteção de humidade de uma amostra de tecido integrando fios condutores, produzida como protótipo para prova de conceito.

Os resultados dos estudos realizados, mostraram que a dimensão do padrão de superfície e a espessura dos tecidos são características determinantes do desempenho do tecido na redução da pressão na interface corpo-superfície de suporte. Os tecidos duplos desenvolvidos com maior área do padrão de superfície e fios de trama de enchimento com maior massa linear reuniram globalmente as melhores propriedades serem utilizados em coberturas de suporte para prevenção das úlceras de pressão. O arranjo em duas camadas apresentou desempenho superior.



Foi ainda provada a capacidade de detecção de humidade dos tecidos desenvolvidos.

**Palavras-chave:** tecido multifuncional, tecidos duplos, alívio de pressão, detecção de humidade.

# Índice

Agradecimentos .....	i
ABSTRACT.....	iii
RESUMO.....	v
Simbologia.....	xxi
<b>1. Introdução</b>	
1.1. Enquadramento do trabalho .....	2
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Estrutura da tese.....	4
<b>2. Estado da arte</b>	
2.1. Caracterização da problemática das úlceras de pressão.....	8
2.1.1. Pressão na interface .....	9
2.1.2. Atrito das superfícies .....	12
2.1.3. Tensões de corte .....	13
2.1.4. Condições do microclima.....	14
2.2. Estudos sobre tecidos para prevenção de úlceras de pressão.....	15
2.2.1. Influência dos Materiais .....	15
2.2.2. Influência dos parâmetros de construção .....	17
2.3. Tecnologias para prevenção das úlceras de pressão .....	19
<b>3. Materiais e Métodos</b>	
3.1. Conceção e desenvolvimento dos tecidos.....	24
3.1.1. Conceção do padrão da superfície .....	24
3.1.2. Desenvolvimento dos tecidos .....	26
3.2. Métodos de caracterização das propriedades dos tecidos.....	30
3.2.1. Comportamento à compressão .....	30

3.2.2.	Comportamento ao corte .....	31
3.2.3.	Comportamento à flexão.....	32
3.2.4.	Atrito superficial.....	33
3.2.5.	Comportamento térmico .....	34
3.2.6.	Gestão de humidade.....	35
3.3.	Métodos de avaliação do desempenho funcional .....	36
3.3.1.	Distribuição de pressão.....	36
3.3.2.	Deteção de humidade.....	37
<b>4.</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	
4.1.	Análise das propriedades mecânicas dos tecidos desenvolvidos .....	40
4.1.1.	Comportamento à compressão .....	40
4.1.1.1.	Análise com uma camada de tecido.....	40
4.1.1.2.	Análise do efeito do número de camadas.....	46
4.1.2.	Comportamento ao corte .....	52
4.1.3.	Comportamento à flexão.....	56
4.1.4.	Coeficiente de Atrito Cinético .....	59
4.1.5.	Considerações finais sobre as propriedades mecânicas dos tecidos desenvolvidos.....	60
4.3.	Análise das propriedades dos tecidos associadas ao comportamento térmico.....	63
4.3.1.	Permeabilidade ao ar.....	63
4.4.	Propriedades térmicas.....	67
4.4.1.	Resistência térmica.....	67
4.4.2.	Absortividade térmica .....	73
4.4.3.	Considerações finais sobre o comportamento térmico dos tecidos desenvolvidos.....	74
4.5.	Análise das propriedades de gestão de humidade .....	75
4.5.1.	Capacidade de dispersão e absorção de água .....	75
4.5.2.	Permeabilidade ao vapor de água .....	80

4.5.3. Considerações finais sobre as propriedades de gestão de humidade dos tecidos desenvolvidos

82

4.6.	Avaliação da capacidade de distribuição de pressão dos tecidos .....	84
4.6.1.	Análise das pressões na interface -Voluntário 1 .....	85
4.6.1.1.	Comportamento do Tecido 1.....	85
4.6.1.2.	Comportamento do Tecido 2.....	87
4.6.1.3.	Comportamento do Tecido 3.....	89
4.6.1.4.	Comportamento do Tecido 4.....	91
4.6.2.	Análise das pressões na interface -Voluntário 2 .....	93
4.6.2.1.	Comportamento do Tecido 1.....	93
4.6.2.2.	Comportamento do Tecido 2.....	95
4.6.2.3.	Comportamento do Tecido 3.....	97
4.6.2.4.	Comportamento do Tecido 4.....	99
4.6.3.	Análise das pressões na interface -Voluntário 3 .....	101
4.6.3.1.	Comportamento do Tecido 1.....	101
4.6.3.2.	Comportamento do Tecido 2.....	103
4.6.3.3.	Comportamento do Tecido 3.....	105
4.6.3.4.	Comportamento do Tecido 4.....	107
4.6.4.	Comparação do desempenho dos tecidos desenvolvidos .....	109
4.7.	Teste da capacidade de deteção de humidade.....	113
5.	<b>Conclusões e Perspectivas Futuras</b>	
5.1	Conclusões.....	118
5.2	Perspetivas Futuras.....	119

**ANEXO I – Conceção e Desenvolvimento do tecido**

**Anexo II – Propriedades dos tecidos**

## Índice de Figuras

Figura 1. Úlcera de pressão [2].....	2
Figura 2. Principais áreas afetadas pelas úlceras de pressão [24]. ....	8
Figura 3. Comportamento da pressão em relação a área da força aplicada adaptado de [22] ...	10
Figura 4. Relação pressão-tempo sobre proeminências ósseas [44].....	11
Figura 5. Efeito do atrito sobre os tecidos, adaptado de [35].....	12
Figura 6. Formação de tensões de corte adaptado de [48]. ....	13
Figura 7. Equipamento KES-FB1 e exemplo das curvas obtidas (amostra T1-48-N(12/2)) .....	32
Figura 8. Equipamento Frictorq e exemplo dos resultados (amostra T3-48-N(12/2)) .....	34
Figura 9. Dispersão horizontal no tecido T3-48N(12/2) .....	35
Figura 10. Exemplo de mapa de pressões obtido com o equipamento Conformat da Tekscan ...	36
Figura 11. Configuração do teste para medidas da corrente elétrica em função da quantidade de eletrólito (Tensão-3V; Intensidade-2 mA).....	38
Figura 12. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 1.....	85
Figura 13. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 2.....	87
Figura 14. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 3.....	89
Figura 15. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 4.....	91
Figura 16. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 1.....	93
Figura 17. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 2.....	95
Figura 18. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 3.....	97
Figura 19. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 4.....	99
Figura 20. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 1.....	101
Figura 21. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 2.....	103
Figura 22. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 3.....	105
Figura 23. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 4.....	107
Figura 24. Circuito de montagem.....	115
 Figura Anexo I - 1. Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-48-N(12/2) e T1-48-B(12/2).....	 129

Figura Anexo I - 2 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-48-N(12/2) e T1-48-B(12/2).....	130
Figura Anexo I - 3 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-58-N(12/2) e T1-58-B(12/2).....	131
Figura Anexo I - 4 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-58-N(12/2) e T1-58-B(12/2).....	132
Figura Anexo I - 5 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-48-N(12/2) e T2-48-B(12/2).....	133
Figura Anexo I - 6 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-48-N(12/2) e T2-48-B(12/2).....	134
Figura Anexo I - 7 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) e T2-58-B(12/2).....	135
Figura Anexo I - 8 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) e T2-58-B(12/2).....	136
Figura Anexo I - 9 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) – com filamento condutor.....	137
Figura Anexo I - 10 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) – com filamento condutor.....	138
Figura Anexo I - 11 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(8/4) .....	139
Figura Anexo I - 12 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(8/4) .....	140
Figura Anexo I - 13 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-48-N(12/2) e T3-48-N(12/2) .....	141
Figura Anexo I - 14 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-48-N(12/2) e T3-48-N(12/2) .....	142
Figura Anexo I - 15 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(12/2) e T3-58-B(12/2).....	143
Figura Anexo I - 16 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(12/2) e T3-58-B(12/2).....	144
Figura Anexo I - 17 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(8/4) e T3-58-B(8/4).....	145
Figura Anexo I - 18 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(8/4) e T3-58-B(8/4).....	146

Figura Anexo I - 19 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2).....	147
Figura Anexo I - 20 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2).....	148
Figura Anexo I - 21 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(12/2) e T4-58-B(12/2).....	149
Figura Anexo I - 22 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(12/2) e T4-58-B(12/2).....	150
Figura Anexo I - 23 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(8/4) e T4-58-B(8/4).....	151
Figura Anexo I - 24 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(8/4) e T4-58-B(8/4).....	152

## Índice de Tabelas

Tabela 1. Factores extrínsecos e intrínsecos mais relevantes para formação de úlceras de pressão.....	9
Tabela 2. Investigações realizadas para prevenção das úlceras de pressão.....	19
Tabela 3. Tecnologias existentes no mercado para prevenção das úlceras de pressão.....	20
Tabela 4. Caraterísticas dos padrões dos tecidos desenvolvidos.....	25
Tabela 5. Plano de experiências.....	27
Tabela 6. Equipamentos utilizados na produção dos tecidos.....	28
Tabela 7. Propriedades geométricas e estruturais dos tecidos T1, T2, T3 e T4.....	29
Tabela 8. Características dos voluntários.....	37
Tabela 9. Recuperação da espessura após 3 minutos e compressibilidade – 2 camadas.....	49
Tabela 10. ANOVA – Factor- Rigidez ao corte – Direção teia - T1, T2 T3 e T4.....	55
Tabela 11. ANOVA – Factor Histerese da tensão de corte – Direção teia - T1, T2 T3 e T4.....	55
Tabela 12. Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 1.....	56
Tabela 13. Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 2.....	56
Tabela 14. Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 3.....	56
Tabela 15. Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 4.....	57
Tabela 16. ANOVA – Factor- Rigidez à flexão – Direção teia - T1, T2 T3 e T4.....	58
Tabela 17. ANOVA – Factor – módulo de flexão – Direção teia - T1, T2 T3 e T4.....	58
Tabela 18. Valores do torque dos tecidos 1, 2, 3 e 4.....	60
Tabela 19. ANOVA - Coeficiente de atrito - tecido 1, 2, 3 e 4.....	60
Tabela 20. Propriedades mecânicas.....	61
Tabela 21. ANOVA. Permeabilidade ao ar - Tecido 1, 2, 3 e 4.....	67
Tabela 22. ANOVA - Resistência térmica -Tecidos 1, 2, 3 e 4.....	72



Tabela 23. Absortividade térmica $b( Ws^{1/2}/m^2K)$ - tecidos 1, 2, 3 e 4.....	73
Tabela 24. ANOVA - Absortividade térmica - tecidos 1, 2, 3 e 4.....	73
Tabela 25. Propriedades térmicas.....	74
Tabela 26. Dispersão vertical- Altura de molhagem.....	78
Tabela 27. Tempo de absorção - tecidos 1, 2, 3 e 4.....	79
Tabela 28. Área molhada.....	79
Tabela 29. Permeabilidade ao vapor de água - Índice (%).....	80
Tabela 30. Permeabilidade ao vapor de água (g/m <sup>2</sup> .day).....	81
Tabela 31. ANOVA - Permeabilidade ao vapor de água.....	81
Tabela 32. Propriedades de gestão de humidade.....	83
Tabela Anexo II - 1. Massa por unidade de área dos tecidos desenvolvidos.....	153
Tabela Anexo II - 2. Espessura dos tecidos desenvolvidos.....	154
Tabela Anexo II - 3. Densidade dos tecidos desenvolvidos.....	155
Tabela Anexo II - 4. Porosidade dos tecidos desenvolvidos.....	155
Tabela Anexo II - 5. Rigidez ao corte dos tecidos desenvolvidos.....	156
Tabela Anexo II - 6. Histerese da tensão de corte dos tecidos desenvolvidos.....	157
Tabela Anexo II - 7. Rigidez à flexão.....	158
Tabela Anexo II - 8. Módulo de flexão (N/m <sup>2</sup> ) dos tecidos desenvolvidos.....	159
Tabela Anexo II - 9. Coeficiente de atrito cinético dos tecidos desenvolvidos.....	160
Tabela Anexo II - 10. Permeabilidade ao ar dos tecidos desenvolvidos.....	161
Tabela Anexo II - 11. Resistência térmica dos tecidos desenvolvidos.....	163
Tabela Anexo II - 12. Absortividade térmica dos tecidos desenvolvidos.....	164
Tabela Anexo II - 13. Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 1.....	165
Tabela Anexo II - 14. Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 2.....	165

Tabela Anexo II - 15. Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 3.....	166
Tabela Anexo II - 16. Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 4.....	166
Tabela Anexo II - 17. Permeabilidade ao vapor de água dos tecidos desenvolvidos.....	167

## Índice de Gráficos

Gráfico 1. Comportamento à compressão - Tecido 1 - 1 camada -Alteração da espessura devido a diferentes pressões.....	41
Gráfico 2. Comportamento à compressão - Tecido 2 - 1 camada - Alteração da espessura devido a diferentes pressões.....	41
Gráfico 3. Comportamento à compressão - Tecido 3 - 1 camada - Alteração da espessura devido a diferentes pressões.....	42
Gráfico 4. Comportamento à compressão - Tecido 4 - 1 camada - Alteração da espessura devido a diferentes pressões.....	42
Gráfico 5. Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas - Tecido 1- 1 camada.....	43
Gráfico 6. Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas - Tecido 2- 1 camada.....	43
Gráfico 7. Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas - Tecido 3- 1 camada.....	44
Gráfico 8. Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas - Tecido 4 - 1 camada.....	44
Gráfico 9. Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 1 - 1 camada.....	45
Gráfico 10. Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 2 - 1 camada.....	45
Gráfico 11. Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 3 - 1 camada.....	45
Gráfico 12. Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 4 - 1 camada.....	46
Gráfico 13. Comportamento à compressão –Tecido 1- 2 camadas -Alteração de espessura devido a diferentes pressões.....	47

Gráfico 14. Comportamento à compressão –Tecido 2- 2 camadas - Alteração de espessura devido a diferentes pressões.....	47
Gráfico 15. Comportamento à compressão –Tecido 3- 2 camadas - Alteração de espessura devido a diferentes pressões.....	48
Gráfico 16. Comportamento à compressão –Tecido 4- 2 camadas - Alteração de espessura devido a diferentes pressões.....	48
Gráfico 17. Compressibilidade do Tecido 1 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa.....	50
Gráfico 18. Compressibilidade do Tecido 2 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa.....	50
Gráfico 19. Compressibilidade do Tecido 3 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa .....	51
Gráfico 20. Compressibilidade do Tecido 4 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa .....	51
Gráfico 21. Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 1.....	52
Gráfico 22. Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 2.....	53
Gráfico 23. Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 3.....	53
Gráfico 24. Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 4.....	53
Gráfico 25. Coeficiente de atrito cinético máximo– Tecidos 1, 2, 3 e 4.....	59
Gráfico 26. Permeabilidade ao ar ( $l/m^2/s$ ) – Tecido 1.....	64
Gráfico 27. Permeabilidade ao ar média ( $l/m^2/s$ ) – Tecido 2.....	64
Gráfico 28. Permeabilidade ao ar média ( $l/m^2/s$ ) – Tecido 3.....	65
Gráfico 29. Permeabilidade ao ar média ( $l/m^2/s$ ) – Tecido 4.....	65
Gráfico 30. Resistência térmica e absorvidade térmica - Tecido 1.....	68
Gráfico 31. Resistência térmica e absorvidade térmica - Tecido 2.....	68
Gráfico 32. Resistência térmica e absorvidade térmica - Tecido 3.....	69
Gráfico 33. Resistência térmica e absorvidade térmica - Tecido 4.....	69
Gráfico 34. Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 1.....	70

Gráfico 35. Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 2.....	71
Gráfico 36. Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 3.....	71
Gráfico 37. Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 4.....	72
Gráfico 38. Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama – tecido 1.	76
Gráfico 39. Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama - tecido 2.	76
Gráfico 40. Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama - tecido 3	77
Gráfico 41. Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama - tecido 4	77
Gráfico 42. Média das pressões registadas em cada intervalo - Tecido 1 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1	86
Gráfico 43. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 2 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1	88
Gráfico 44. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 3 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1	90
Gráfico 45. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 4 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1	92
Gráfico 46. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 1 – 1 e 2 camadas - Voluntário 2	94
Gráfico 47. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 2 – 1 e 2 camadas - Voluntário 2	96
Gráfico 48. Distribuição de pressão - Tecido 3 - 1 camada de tecido - Indivíduo 2.....	98
Gráfico 49. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 4 – 1 e 2 camadas - Voluntário 2	100
Gráfico 50. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 1 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3	102
Gráfico 51. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 2 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3	104
Gráfico 52. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 3 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3	106
Gráfico 53. Média das pressões em cada intervalo - Tecido 4 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3	108
Gráfico 54. Picos máximos de pressão versus frequência – Tecidos 1, 2, 3 e 4 - Voluntários 1, 2 e 3 – 1 camada	110
Gráfico 55. Pico máximo de pressão versus frequência – Tecidos 1, 2, 3 e 4 - Voluntários 1, 2 e 3 – 2 camadas	112

Gráfico 56. Medidas da corrente elétrica em função da quantidade de solução absorvida pelo tecido, mantendo-se uma tensão de 3V      115

## Lista de abreviaturas

ANOVA	Análise da variância
B	Tensão baixa
IMC	Índice de massa corporal
LED	<i>Light Emitting Diode (Diodo emissor de luz)</i>
N	Tensão normal
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
T1	Tecido 1
T2	Tecido 2
T3	Tecido 3
T4	Tecido 4
UP	Úlceras de Pressão

## Simbologia

A	Ampere
b	Absortividade térmica
cm	Centímetro
C	Comprimento flexão
Fios cm <sup>-1</sup>	Fios por centímetro
F	Força
G	Rigidez ao corte
g	Gramma
L	Litro
kPa	KiloPascal
kW	Kilowatt
m	metro
mm	milímetro
mmHg	Milímetro de mercúrio
mA	MiliAmpere
min	Minutos
Ne	Número inglês do fio
N/m <sup>2</sup>	Newton por metro ao quadrado
NaCL	Cloreto de sódio
r	Resistência elétrica
R	Raio
s	segundos
tex	Título do fio
Pa	Pascal
V	Volt
°	Grau
$\Omega$ /m	Resistividade elétrica
$\mu$	Coeficiente de atrito cinético



## 1.Introdução

## 1.1. Enquadramento do trabalho

O projeto e desenvolvimento de tecidos com funcionalidades promovidas por estrutura tem vindo a ser alvo de interesse crescente de pesquisa. Na área da saúde e bem-estar, em particular quando propriedades associadas ao conforto assumem importância preponderante, nomeadamente na redução de pressões na interface corpo-superfície de contato, as características construtivas dos tecidos são determinantes para se atingir as funcionalidades requeridas. As estruturas tecidas tri-dimensionais representam neste contexto uma solução preferencial para a minimização da formação de úlceras de pressão, dado ser possível projetar a sua estrutura de acordo com o comportamento à compressão pretendido.

Segundo o *National Pressure Ulcer Advisory Panel/European Pressure Ulcer Advisory Panel* [1] uma úlcera de pressão “é uma lesão localizada da pele e/ou tecido subjacente, geralmente sobre uma proeminência óssea, resultante da pressão, ou pressão em combinação com corte”. A Figura 1 ilustra uma úlcera de pressão formada na região do pé.



**Figura 1.** Úlcera de pressão [2]

São vários os factores de risco associados à formação de úlceras de pressão [3] e várias as medidas de prevenção, de entre as quais se inclui por exemplo, a utilização de coberturas para colchões. A pressão, frequentemente relacionada com a redução de mobilidade, é apontada como o factor extrínseco mais importante no desenvolvimento destas lesões e a redução da pressão na interface corpo-superfície de contato é o foco da maioria dos produtos existentes para minimizar este problema [4,5]. Contudo, as condições do microclima envolvente, compreendido pela superfície de suporte-utilizador, também têm grande relevância na formação de úlceras de pressão.

Os diversos estudos realizados sobre a influência destes factores extrínsecos indicaram que a temperatura e/ou humidade tendem a aumentar a sensibilidade da pele aos efeitos nocivos da

pressão e tensões de corte [6,7]. De entre os substratos têxteis desenvolvidos, os tecidos duplos, demonstraram grande potencial para melhorar estas condições, minimizando ou evitando a formação de úlceras de pressão. A sua estrutura confere-lhes uma ótima absorção de energia, boa resistência à compressão, boas propriedades térmicas e de gestão de humidade e boa respirabilidade [8–11]. Contudo, apesar do seu potencial estas estruturas têm sido pouco exploradas em dispositivos para alívio de pressão.

Nos últimos anos, o surgimento de materiais funcionais, como fios e filamentos condutores, abriu novas perspectivas ao desenvolvimento de estruturas têxteis [12,13] com capacidade de sensorização e têxteis ou têxteis inteligentes para deteção e monitorização de condições fisiológicas e ambientais [14,15], tais como, ritmo cardíaco [16], pressão [17,18] ou humidade [11,12,19,20].

O presente trabalho surge assim enquadrado neste contexto, especificamente orientado para o desenvolvimento de estruturas têxteis tridimensionais para serem utilizadas como coberturas para colchões ou cadeiras, baseadas em tecidos duplos, que simultaneamente promovam alívio de pressão, conforto térmico e deteção de humidade, e que possam constituir uma alternativa eficaz para prevenção de úlceras de pressão em pessoas acamadas, cadeirantes e idosos debilitados.

## 1.2. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver tecidos duplos multifuncionais capazes de promover alívio de pressão, proporcionar conforto térmico e simultaneamente, com capacidade para detectar humidade. Para atingir esta meta, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Conceber e desenvolver estruturas tecidas duplas variando os parâmetros construtivos identificados como mais relevantes.
2. Estudar o seu comportamento mecânico, designadamente à compressão, ao corte e à flexão e a sua resistência ao atrito.

3. Estudar as propriedades de transferência de ar, calor e de dispersão de humidade e líquidos, nomeadamente, permeabilidade ao ar, absorvidade e resistência térmicas, dispersão vertical e molhagem e permeabilidade ao vapor de água.
4. Testar em condições laboratoriais a capacidade de distribuição de pressão dos tecidos desenvolvidos, utilizando voluntários, por forma a avaliar a estrutura com maior potencial para minimizar a formação das úlceras de pressão.
5. Desenvolver uma das estruturas tecidas integrando fios condutores na direção da trama para avaliar a capacidade de deteção de humidade.

### 1.3. Estrutura da tese

A tese está estruturada em cinco capítulos, que refletem o trabalho desenvolvido. Neste Capítulo 1, designado de *Introdução*, é feito o enquadramento do trabalho para compreensão da necessidade e relevância da investigação a ser realizada. O objetivo geral do trabalho e os objetivos específicos para a sua consecução são apresentados. É ainda descrita a estrutura organizativa deste trabalho.

No Capítulo 2, denominado de *Estado da Arte*, são abordados alguns conceitos e factores relativos à problemática das úlceras de pressão e analisados os estudos realizados até à data visando o desenvolvimento de tecidos que minimizem ou previnam a sua formação. É ainda feita uma análise comparativa das principais características das estruturas tecidas desenvolvidas nestes estudos para alívio da pressão e de produtos existentes no mercado. A partir destas pesquisas foi possível identificar os parâmetros mais relevantes a considerar na conceção e desenvolvimento de tecidos inovadores para prevenção de úlceras de pressão.

O Capítulo 3 é designado de *Materiais e Métodos*. Nele são apresentados a metodologia de desenvolvimento das estruturas tecidas duplas, equipamentos e técnicas de fabricação utilizados e os métodos de caracterização considerados demonstrativos das funcionalidades dos tecidos desenvolvidos, incluindo para deteção da humidade

No Capítulo 4, designado de *Resultados e Discussão*, são apresentados e analisados os resultados dos estudos realizados sobre os tecidos desenvolvidos relativamente ao seu comportamento mecânico, térmico e de gestão de humidade. São ainda apresentados e

discutidos os resultados obtidos nos testes com voluntários para aferir a capacidade de distribuição de pressão dos tecidos desenvolvidos. Os resultados obtidos nos testes da estrutura desenvolvida com zonas de deteção de humidade são também analisados neste capítulo.

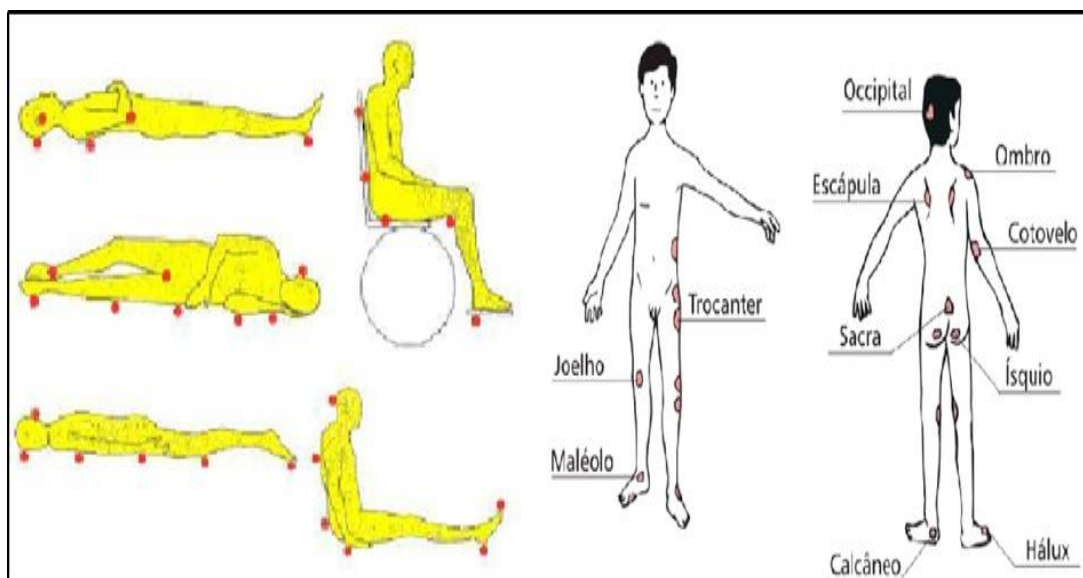
O Capítulo 5 é destinado à *Conclusão e Perspetivas Futuras*. Nele são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado sob o ponto de vista da contribuição para o progresso do estado da arte no desenvolvimento de tecidos duplos para alívio de pressão com funcionalidades acrescidas-multifuncionais. Serão ainda apresentadas as principais limitações encontradas e perspectivas para desenvolvimento futuro.



## **2.Estado da arte**

## 2.1.Caracterização da problemática das úlceras de pressão

As úlceras de pressão (UP) são lesões que surgem em determinadas áreas localizadas do corpo humano, decorrentes de isquemia<sup>1</sup> e necrose tecidual desenvolvidas pela compressão dos tecidos moles entre as proeminências ósseas e a superfície externa, durante um período de tempo [21]. Estas lesões afetam tipicamente pessoas com deficit de sensibilidade ou com mobilidade reduzida, tais como acamados [22]. As localizações mais frequentes destas lesões, ilustradas na Figura 2, são as áreas isquiática (24%), sacrococcígea (23%), trocantérica (15%), calcânea 8(%), maléolos laterais (7%), cotovelos (3%), região occipital (1%), e região escapular [23,24].



**Figura 2.** Principais áreas afetadas pelas úlceras de pressão [24].

O desenvolvimento de UP pode dar-se em apenas algumas horas de imobilidade do indivíduo, mas sua cura, pelo contrário, pode levar meses [21,25]. Neste contexto, torna-se fundamental a adoção de estratégias de prevenção e o desenvolvimento de tecnologias que

---

<sup>1</sup> Estágio 2 na classificação das úlceras de pressão. Compreende a perda parcial da pele que envolve a epiderme, derme ou ambas.



minimizem a sua formação. Existem vários factores intrínsecos e extrínsecos que contribuem para a formação destas lesões. Na Tabela 1 são apresentados os factores considerados mais relevantes [21,26–30].

**Tabela 1.** Factores extrínsecos e intrínsecos mais relevantes para formação de úlceras de pressão

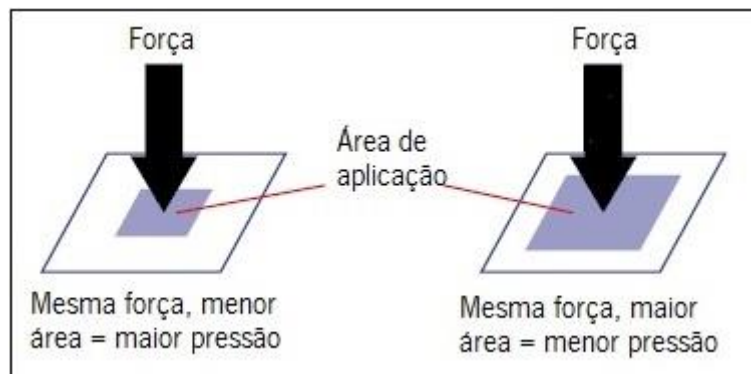
Factores extrínsecos	Factores intrínsecos
Pressão	Alteração da sensibilidade
Forças de fricção ou atrito	Mobilidade prejudicada
Tensão de corte	Idade
	Má perfusão/oxigenação tecidual
Microclima	Má nutrição
(Temperatura e humidade)	Tolerância tecidual reduzida (pele frágil)
	Alteração de estado de consciência

Na perspectiva do desenvolvimento das estruturas tecidas tridimensionais baseadas em tecidos duplos, foco deste trabalho, só serão analisados os estudos relacionados com os factores extrínsecos.

### 2.1.1. Pressão na interface

A pressão exercida sobre a pele por uma superfície de suporte (pressão na interface) tem sido reconhecida como o factor extrínseco mais importante envolvido no desenvolvimento de úlceras de pressão e sua redução e/ou distribuição são considerados factores chave no desenvolvimento de novos produtos [22].

De uma forma geral, considera-se que uma superfície de suporte que maximize a área de contato, distribuindo o peso do indivíduo de maneira uniforme, permite reduzir a pressão na interface e minimiza picos de pressão [22,31,32]. A Figura 3 ilustra este princípio.



**Figura 3.** Comportamento da pressão em relação a área da força aplicada adaptado de [22]

Existem, essencialmente, dois princípios de operação para que as superfícies de suporte promovam distribuição de pressão e desta forma, reduzam a probabilidade de desenvolvimento de úlceras de pressão:

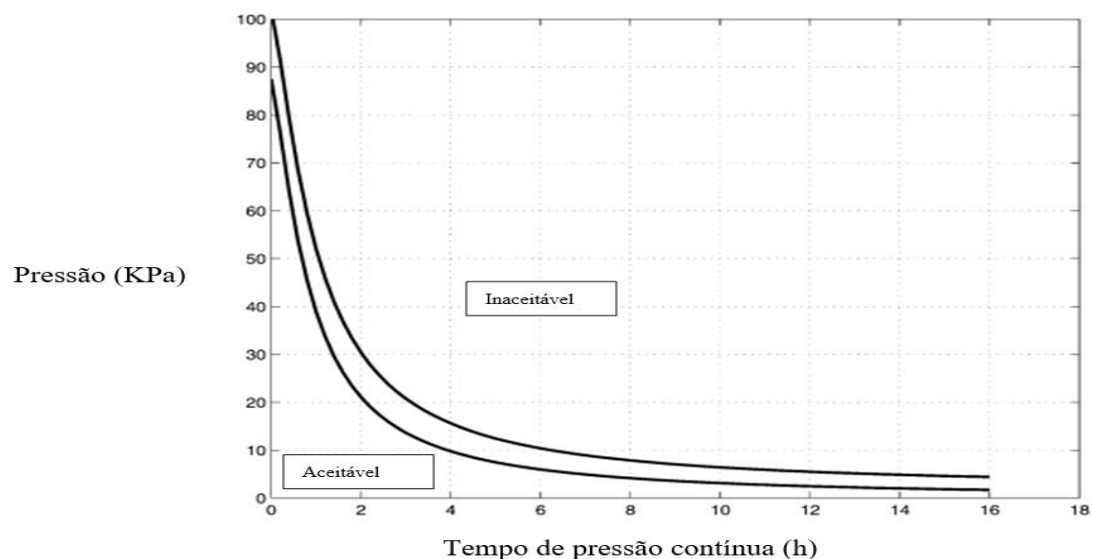
- a) funcionamento estático- baseado na minimização da pressão da interface por aumento da área de contato com a superfície e,
- b) funcionamento dinâmico- baseado na variação da pressão de interface ao longo do tempo, por alteração da área de contato com a superfície [22,33].

As superfícies de suporte a conceber e desenvolver nesta investigação (estruturas em tecido duplo), baseiam-se no princípio de operação designado por estático.

De acordo com Kirkland-Walsh et al. [34] e Reger et al. [35] os principais requisitos de uma superfície de suporte para distribuição de pressão são: área de contato com a pele elevada, pico máximo de pressão na interface o mais baixo possível e pressão média na interface relativamente baixa. Vários pesquisadores se debruçaram sobre este assunto com o objetivo de determinar a pressão mínima na interface e a duração necessária para produzir danos tecidulares [36–38]. Kosiak [36] foi um dos primeiros pesquisadores a tentar estabelecer uma relação entre a pressão e o tempo de carga na formação das úlceras de pressão. Em um de seus trabalhos, Kosiak et al. [39] constataram que um pico máximo de pressão de 150 mmHg medido nos ísquios, conduziria, num curto espaço de tempo, a uma isquemia dos tecidos sobre os ossos, e que uma pressão de apenas 40 mmHg seria suficiente para causar isquemia, se a carga não fosse aliviada após algum tempo. Landis [40] demonstrou ainda que pressões sobre os capilares superiores a 32 mmHg são um factor de risco na formação de UP, pois privam os

tecidos de nutrientes e oxigênio. Contudo, várias pesquisas evidenciaram que a pressão na interface pele-superfície de suporte quando uma pessoa está sentada é muito superior as valores da ordem dos 32-40 mmHg [33,41–43].

A importância de estabelecer uma relação pressão na interface-tempo para evitar ou minimizar a formação de úlceras de pressão é assim evidente. Reswick et al. [44] com base em 980 observações desenvolveram uma curva que relaciona as pressões e o tempo máximo a que os tecidos sobre proeminências ósseas podem estar sujeitos. Se a relação pressão- tempo se situar acima da curva é grande o risco de formação de úlceras de pressão. Este gráfico, apresentado na Figura 4, é ainda hoje utilizado como orientação na prática clínica.



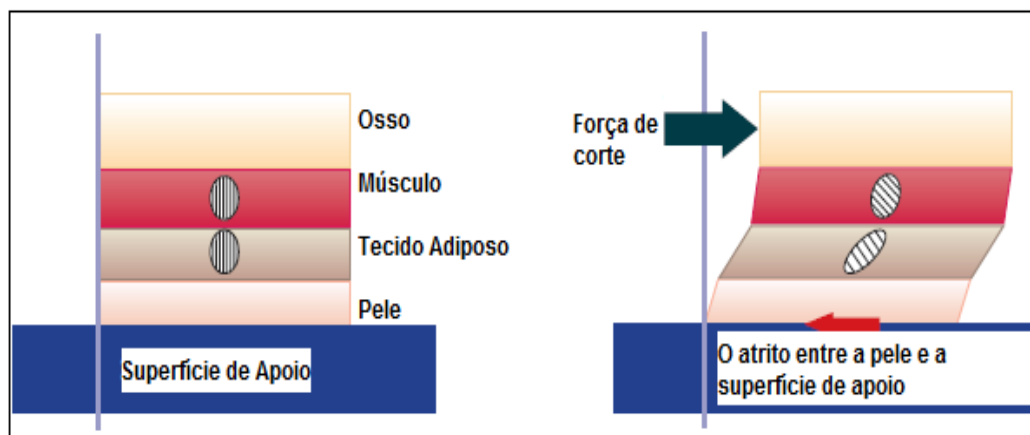
**Figura 4.** Relação pressão-tempo sobre proeminências ósseas [44]

No entanto, embora haja inúmeros estudos sobre pressão e tempo de carga, até a data, não há consenso quanto ao que é considerado uma pressão de interface segura [33]. Está contudo comprovado que pressões elevadas na interface só são suportadas por períodos de tempo curtos para não provocar lesões [27,28,33].

### 2.1.2. Atrito das superfícies

O atrito pode ser definido como a força que resiste ao movimento relativo de dois objetos que estão em contato, ocorrendo quando o corpo se encontra em repouso (atrito estático) ou se move (atrito dinâmico) contra uma superfície de suporte. O atrito produzido depende da força perpendicular (relacionada com o peso do corpo) e do coeficiente de atrito entre o corpo e as superfícies de contato [35].

O coeficiente de atrito é um parâmetro importante a ser tido em consideração na concepção de um substrato têxtil que previna a formação de úlceras de pressão, dada a sua contribuição na geração de tensões de corte em camadas tecidulares mais profundas (como os músculos) quando os pacientes são reposicionados ou o próprio paciente se movimenta [35,45,46]. Na Figura 5 é possível visualizar o efeito do coeficiente de atrito da superfície de contato na geração de tensões de corte nos tecidos mais profundos.



**Figura 5.** Efeito do atrito sobre os tecidos, adaptado de [35].

Os factores com maior influência no coeficiente de atrito de substratos têxteis de suporte são os seguintes [22]:

- i. Textura do substrato (em têxteis muito rugosos o coeficiente de atrito é mais elevado).
- ii. Teor de humidade da pele e do substrato (provocado por suor ou incontinência). Estudos demonstraram que à medida que a humidade da pele aumenta, o

coeficiente de atrito do substrato têxtil também aumenta. Verificou-se que o valor do coeficiente de atrito de um tecido molhado é mais do dobro do obtido para o tecido seco [7].

- iii. Humidade do ambiente envolvente (a humidade do ar altera a humidade da pele e pode aumentar o coeficiente atrito da superfície têxtil).

O coeficiente de atrito de uma estrutura têxtil concebida para prevenção de úlceras de pressão deverá permitir manter a posição do corpo (postura) de um indivíduo sem deslizamentos ao longo do tempo, e simultaneamente, facilitar o seu movimento ou reposicionamento quando necessário [47].

### 2.1.3. Tensões de corte

As tensões de corte dependem da ação conjunta do atrito e da pressão que dão origem a deformações, produzindo danos e isquemia em tecidos mais profundos que resultam em úlceras de pressão [22]. Os mecanismos envolvidos incluem distorção dos tecidos, reduções no fluxo sanguíneo e ruptura física dos tecidos ou vasos sanguíneos [35]. A Figura 6 ilustra as forças envolvidas que provocam tensões de corte.

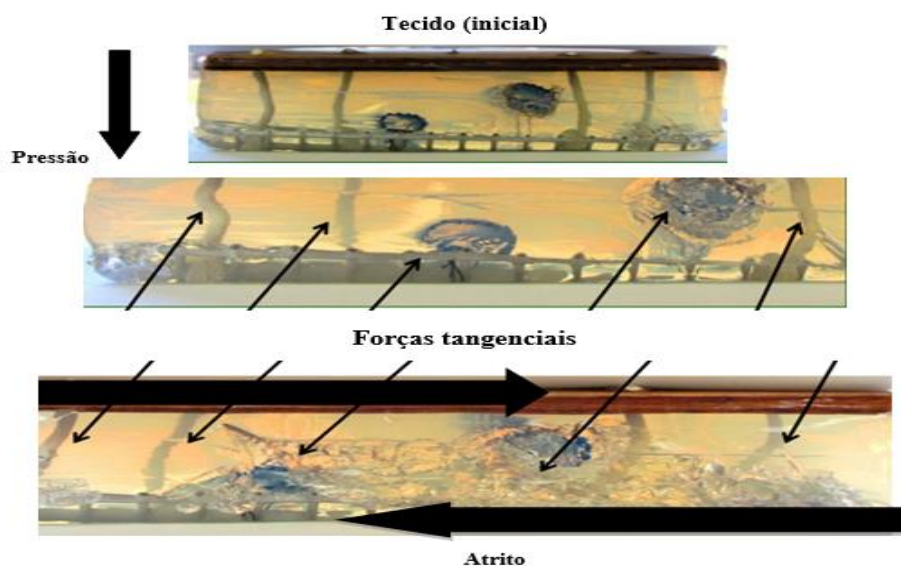


Figura 6. Formação de tensões de corte adaptado de [48].

Diversos estudos demonstraram que o aumento da área de contato entre a superfície de suporte e o indivíduo, bem como a redução do coeficiente de atrito no início do movimento, contribuem para redução das tensões de corte e de picos de pressão localizada [35,46].

#### 2.1.4. Condições do microclima

No contexto das úlceras de pressão, o termo microclima refere-se normalmente às condições de temperatura e humidade na superfície da pele ou dos tecidos com os quais o corpo está em contato [1,49].

A humidade pode ser proveniente do suor ou incontinência urinária e quando permanece em contato com a pele, aumenta a probabilidade de formação das úlceras de pressão. Por outro lado, a temperatura e humidade do ambiente podem aumentar o teor de humidade na pele ou induzir sudação, aumentando o atrito entre o corpo e a superfície de suporte [47] e consequentemente propiciando a geração de tensões de corte [6,7].

Neste contexto, as propriedades de gestão de temperatura e humidade dos substratos de suporte são factores-chave no desenvolvimento em produtos destinados a minimizar o risco de formação de UP. Segundo Zhong et al. [47] a correta seleção de materiais e estruturas para a roupa de cama permite manter um microclima saudável à superfície da pele, proporcionando conforto ao utilizador.

Nos últimos anos, importantes avanços no domínio do desenvolvimento de tecidos para roupa de cama integrando funções de deteção e monitorização de humidade têm vindo a ser publicados. Alguns trabalhos exploram a deteção de humidade e alerta quando em excesso; outros, a monitorização contínua das condições de humidade dos substratos têxteis [11,50,51]. Pela pesquisa efetuada ao estado da arte, os estudos realizados são especificamente orientados para a integração destas funcionalidades, não considerando contudo o desenvolvimento das estruturas têxteis de suporte.

## 2.2. Estudos sobre tecidos para prevenção de úlceras de pressão

No contexto deste trabalho, optou-se por apresentar os resultados das pesquisas anteriormente realizadas sobre tecidos desenvolvidos para minimização de úlceras de pressão, divididos em dois grandes grupos, designados, i) Influência dos materiais e ii) Influência dos parâmetros de construção. Considerou-se esta organização do estado da arte a que melhor refletiria os desafios a ultrapassar para atingir as funcionalidades requeridas: alívio de pressão, gestão de temperatura e humidade e deteção de humidade, e o carácter inovador das novas estruturas a desenvolver.

No primeiro grupo foram considerados os estudos que se debruçaram sobre o desempenho de fios ou filamentos. A análise do estado da arte neste domínio contribuiu para a seleção dos materiais de base das estruturas a desenvolver neste projeto; no segundo grupo, as pesquisas relacionadas com os factores inerentes às estruturas tecidas propriamente ditas- parâmetros de construção, designadamente arquitectura da estrutura, padrão de superfície e variações construtivas.

### 2.2.1. Influência dos Materiais

A escolha correta de materiais (fios/filamentos) é fundamental no projeto de tecidos para prevenção das úlceras de pressão, uma vez que as suas propriedades permitem atenuar o efeito de factores de risco, em particular, devidos a atrito, tensões de corte e condições do microclima [6]. De entre as pesquisas realizadas, que incluíram como objetivo, o estudo da adequabilidade de materiais, destacam-se os seguintes:

Basal e Ilgaz et al. [52], utilizaram vários fios/filamentos no desenvolvimento de uma estrutura em veludo tecida face-a-face, focada em especial no controle da humidade e concluíram que o melhor desempenho era obtido com a estrutura constituída por algodão (na face), poliéster (no avesso) e polipropileno (na ligação).

Pryczynska et al. [8] desenvolveram estruturas tecidas utilizando vários materiais tendo também como alvo o conforto térmico. Os tecidos compostos por algodão e polipropileno foram os que apresentaram melhores resultados.

Snyckerski e Frontczak-Wasiak [9] projetaram um tecido duplo utilizando vários materiais com o objetivo de obter um substrato com coeficiente de atrito controlado. Os materiais que demonstraram melhor desempenho foram o algodão e a viscose.

Wollina et al. [53] estudaram várias malhas spacer desenvolvidas para promover alívio de pressão. Referem um monofilamento de poliéster como material preferencial para redução da pressão. Apontam como principal limitação a baixa capacidade de transporte de líquidos demonstrada pela malha.

Pereira et al. [50] desenvolveram um tecido constituído por camadas de um material absorvente, algodão, e por camadas de um material condutor para monitorização de situações de humidade e/ou pressão excessiva. Os resultados obtidos mostraram-se promissores, mas a estrutura não foi avaliada em termos de desempenho para alívio de pressão e de gestão do microclima.

Afonso [54] projetou uma estrutura em malha 3D para a profilaxia de patologias ulcerosas no pé de pacientes diabéticos. Estudou a influência dos materiais nas propriedades associadas ao conforto térmico (permeabilidade ao ar e ao vapor de água), demonstrando que a estrutura constituída unicamente por algodão apresentava o melhor desempenho.

Analisando os resultados obtidos nos trabalhos de pesquisa representativos do estado da arte no que concerne aos materiais, verifica-se na maioria dos estudos, que o algodão demonstrou um desempenho superior na promoção de conforto térmico. O algodão é uma fibra suave [55], com ótimo comportamento mecânico [56] e com boa absorção de humidade, permitindo uma boa permeabilidade ao ar e ao vapor de água [8]. É um dos materiais naturais comumente utilizado em aplicações na área da saúde por não provocar alergias [54].



### 2.2.2. Influência dos parâmetros de construção

O desempenho mecânico, de transferência de ar, de calor e de humidade de um qualquer tecido dependem essencialmente da arquitectura da sua estrutura, padrão de superfície e variações construtivas [8,45,55–58], características designadas neste trabalho por parâmetros de construção.

O número de fios e passagens por centímetro é relatado em muitos trabalhos como factor de influência no resultado de várias propriedades do tecido, tais como, a rigidez ao corte [59], permeabilidade ao vapor de água e muitas outras propriedades correlacionadas a aplicação de tecidos para prevenção das UP. A massa linear do fio a ser utilizado no desenvolvimento do tecido, também tem influência no comportamento durante o uso, com por exemplo, pode mudar o comportamento à compressibilidade, rigidez à flexão e atrito.

Os tecidos duplos caracterizam-se por possuírem duas folhas (sistemas) de fios de teia que são tecidas uma sobre a outra e ligadas de modo a constituir um único tecido [52]. A possibilidade de utilizar diferentes arquitecturas na estrutura de cada camada (debuxos), de variar os materiais da teia superior e inferior e controlar a quantidade de tramas de enchimento [10,60–62] potenciam algumas propriedades, em particular, relacionadas com a compressão e conforto térmico [8]. Diversos estudos sobre a influência da arquitectura da estrutura (debuxo), método de ligação e padrão de superfície nas propriedades mecânicas de tecidos duplos, demonstraram existir uma relação de dependência entre o debuxo e as propriedades de resistência à tração, ao rasgo e rigidez à flexão e corte. Relativamente ao método de ligação a influência só foi considerada significativa sobre a resistência ao rasgo de rigidez do tecido [63].

Atualmente, há vários estudos sobre tecidos duplos para substratos de suporte, desenvolvidos com o objetivo de promover conforto térmico ou minimizar a formação de úlceras de pressão, tirando partido do desempenho diferenciado promovido pela estrutura [11,64,65]. De entre esses estudos salientam-se os seguintes:

Basal e Ilgaz [52] focaram-se no desenvolvimento de um tecido para prevenção de UP com objetivo de controlar a humidade e aliviar a pressão. Na construção do tecido optaram por uma

estrutura em veludo, tecida face a face. Os resultados obtidos demonstraram que as propriedades associadas ao conforto térmico dependiam da distância entre as duas camadas do tecido (quanto maior a distância, melhor o toque e a resistência térmicas, porém, com perda na permeabilidade ao vapor de água) e do material que as constituía.

Pryczynska et al. [8] desenvolveram várias estruturas de tecidos simples e um tecido duplo, comparando o seu comportamento em termos de propriedades de gestão de humidade. Os resultados demonstraram que as maiores diferenças foram encontradas na permeabilidade ao ar, onde o tecido duplo apresentou melhores resultados.

Snycerski e Frontczak-wasiak [9] conceberam um tecido duplo com diferentes coeficientes de atrito na camada superior e inferior, com objetivo de diminuir o atrito. A camada superior foi construída em cetim e a inferior com estrutura em forma de favo de mel. Devido à arquitectura da estrutura em favo de mel verificaram que estes tecidos promoviam uma elevada área de contato com o corpo e boa capacidade de ventilação, pelo que teriam potencial para serem utilizados em aplicações para alívio de pressão.

Outros investigadores também focaram no desenvolvimento de estruturas têxteis por forma a atuar em algum factor para prevenção das UP, conforme descrito na Tabela 2.

**Tabela 2.** Investigações realizadas para prevenção das úlceras de pressão

Autor	Ano	Descrição	Deteção de humidade	Redução de factores extrínsecos
Wollina et al. [53]	2003	Tecido spacer como ligaduras e curativos de monofilamento de poliéster	-	Pressão
Snyckerski e Frontczak-wasiak [9]	2004	Tecido duplo de fios de algodão e viscose	-	Pressão e Atrito
Pereira et al. [50]	2011	Tecido de malha de algodão com fios condutores	X	-
Parkova e Vilumsone [11]	2013	Desenvolvimento estetico e funcional de um tecido duplo	X	-

Na maioria destes estudos a promoção de alívio de pressão não se encontra efetivamente testada. Acresce que a funcionalidade associada ao conforto térmico é abordada numa perspectiva passiva, isto é, conferida pelos materiais e parâmetros de construção da estrutura. Contudo, esta funcionalidade tem vindo a ser crescentemente aliada à deteção e monitorização de variáveis que o afetam (ex. temperatura, humidade), o que pressupõe a integração de materiais condutores na estrutura que atuem como sensores [11].

Neste projeto pretende-se conceber e desenvolver tecidos duplos que providenciem simultaneamente alívio de pressão e conforto “ativo”, isto é multifuncionais. A opção pelos tecidos duplos baseia-se no potencial demonstrado pelas pesquisas efectuadas até à data como estrutura têxtil apropriada a minimizar ou evitar a formação de úlceras de pressão.

### 2.3. Tecnologias para prevenção das úlceras de pressão

A maioria das tecnologias disponíveis no mercado para alívio de pressão baseiam o seu princípio de funcionamento em materiais não-têxteis como gel, espumas e pele de cordeiro.

Algumas tecnologias desenvolvidas e existentes no mercado para alívio de pressão são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Tecnologias existentes no mercado para prevenção das úlceras de pressão

Autor	Ano	Descrição	Deteção de humidade	Redução de factores extrínsecos
Jolley et al. [4]	2004	Capa para colchão em pele de cordeiro	-	Pressão
Hampton et al. [5]	2009	Tecido Parafricta™ para revestimento	-	Corte e atrito
Hoffman et al.[66]	2017	Colchão de ar	-	Pressão
Partian [67]	2014	Colchão de água	-	Pressão

Levando em consideração a Tabela 3 e toda investigação bibliográfica realizada, o desenvolvimento de soluções eficazes que previnam ou minorem a incidência é fundamental. Pela pesquisa dos produtos existentes no mercado para prevenção de UP, foi possível constatar que a investigação proposta no presente trabalho, de desenvolvimento de um tecido multifuncional para alívio de pressão e deteção de humidade, tem um carácter inovador e necessário.

De acordo com os factores extrínsecos envolventes na formação das UP constata-se que alívio de pressão e gestão do microclima entre interface e paciente são extremamentes relevantes. Por conseguinte, o projeto de um tecido que promova o alívio da pressão e detecte a presença de humidade seja por suor ou incontinência, permitirá diminuir a probabilidade de formação de UP.

Diante das investigações bibliográficas realizadas, decidiu-se desenvolver tecidos duplos de algodão, com estruturas formadas de alto e baixo-relevo, com diferentes contexturas à trama, massa linear das tramas de enchimento e tensão dos fios de teia para analisar a influência dos parâmetros de construção nas propriedades dos tecidos desenvolvidos para aplicação na

prevenção de UP. Para detetar a presença de humidade utilizaram-se filamentos condutores inseridos à trama, seleccionando um dos tecidos desenvolvidos para prova de conceito.



### **3. Materiais e Métodos**

### 3.1. Conceção e desenvolvimento dos tecidos

A análise do estado da arte demonstrou o potencial que as estruturas tecidas tridimensionais, designadamente tecidos duplos com relevo, apresentavam para gerarem alívio de pressão e promoverem conforto térmico [9,68]. Por outro lado, estudos realizados sobre os tipos de fibras mais comuns em aplicações na área da saúde, apontaram a fibra de algodão como material preferencial [8,55].


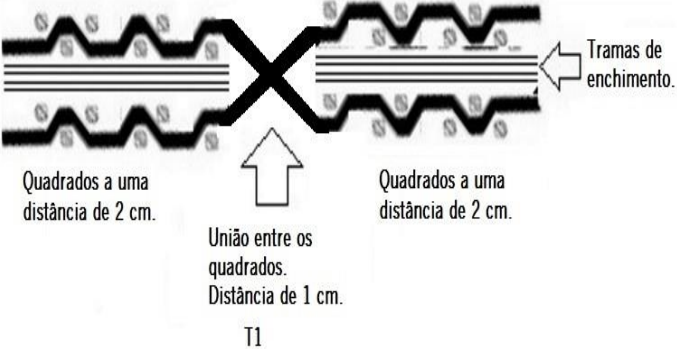

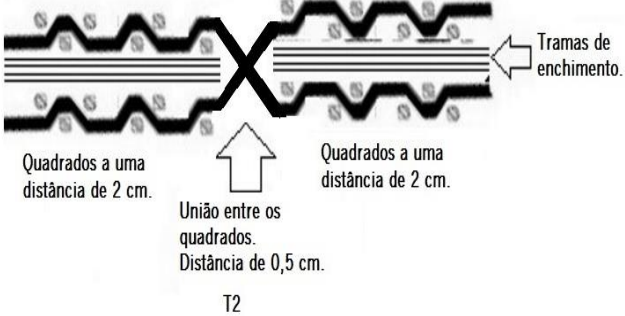

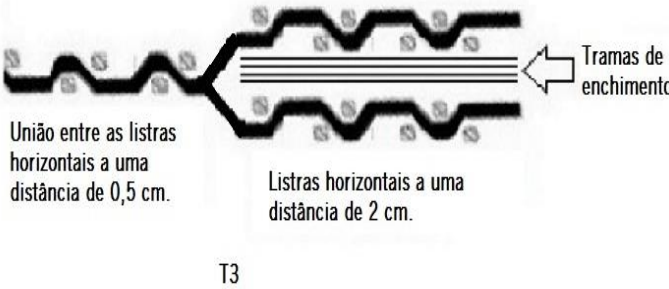

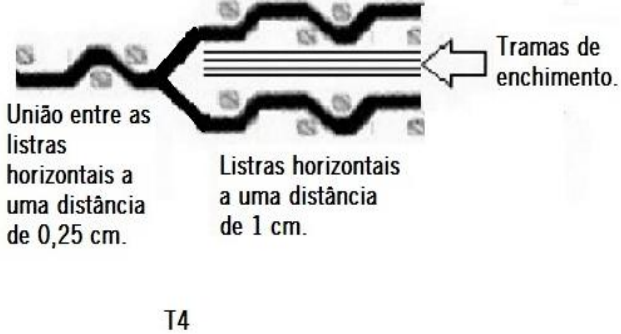
Neste trabalho, os tecidos duplos foram projetados de forma a obter padrões estruturais cuja dimensão, forma e volume proporcionassem uma superfície de contato que promovesse distribuição de pressão e, simultaneamente conforto térmico.

#### 3.1.1. Conceção do padrão da superfície

Os padrões dos tecidos foram projetados de forma a maximizar a superfície de contato com o corpo (promovendo desta forma distribuição do peso) e simultaneamente facilitar a transferência de calor e umidade. Foram assim criados quatro padrões baseados em duas formas geométricas com volume, uma desenvolvida a partir de quadrados distribuídos na superfície do tecido, separados entre si por barras planas, formando um efeito de xadrez e outra a partir de retângulos (com o lado maior igual à largura do tecido) distribuídos no comprimento do tecido, igualmente separados entre si por barras planas, formando um efeito de riscas horizontais. Todo o processo de conceção e simulação foi efetuado no sistema CAD Penelope Dobby Pro 11.4 e se encontra no Anexo I. Os padrões dos tecidos duplos desenvolvidos e respectivas dimensão e seção transversal são apresentados na Tabela 4. As características construtivas são descritas na Tabela 7.



Tabela 4. Caraterísticas dos padrões dos tecidos desenvolvidos

Refª do tecido	Padrão	Dimensões	Seção transversal
T1		Quadrados 2 x 2 cm² Barras 1 cm	 <p>Tramas de enchimento.</p> <p>Quadrados a uma distância de 2 cm.</p> <p>Quadrados a uma distância de 2 cm.</p> <p>União entre os quadrados. Distância de 1 cm.</p> <p>T1</p>
T2		Quadrados 2 x 2 cm² Barras 0.5 cm	 <p>Tramas de enchimento.</p> <p>Quadrados a uma distância de 2 cm.</p> <p>Quadrados a uma distância de 2 cm.</p> <p>União entre os quadrados. Distância de 0,5 cm.</p> <p>T2</p>
T3		Retângulos largura tecido x 2 cm² Barras 0.5 cm	 <p>Tramas de enchimento.</p> <p>União entre as listras horizontais a uma distância de 0,5 cm.</p> <p>Listras horizontais a uma distância de 2 cm.</p> <p>T3</p>
T4		Retângulos largura tecido x 1 cm² Barras 0.25 cm	 <p>Tramas de enchimento.</p> <p>União entre as listras horizontais a uma distância de 0,25 cm.</p> <p>Listras horizontais a uma distância de 1 cm.</p> <p>T4</p>

### 3.1.2. Desenvolvimento dos tecidos

A técnica de tecelagem utilizada no desenvolvimento dos tecidos duplos foi a de ligação por teia, com troca da posição dos fios da teia inferior e superior quando pretendido.

Nas teias superior e inferior e nas tramas (de enchimento e dos tecidos superior e inferior) foram utilizados, pelas razões anteriormente referidas, fios de algodão. Na estrutura tecida selecionada como protótipo para integrar zonas de deteção de humidade utilizaram-se fios de trama de poliamida texturizada revestida a prata, 11 tex e 34 filamentos, resistência elétrica de  $70 \Omega/\text{m} \pm 20 \text{ de } \Omega/\text{m}$  (Elitex, produzido pela TITV), na construção das barras de separação em tecido plano inseridos na trama. O filamento condutor foi inserido no tecido durante sua produção no tear, formando duas barras condutoras paralelas na direção da trama. Essas barras foram utilizadas como terminais para a medição da corrente elétrica, separadas por uma base de tecido não condutor.

Na conceção das experiências foram considerados como factores de variação mais relevantes, os seguintes parâmetros de construção:

- Tensão das teias
- Contextura à trama dos tecidos superior e inferior
- Massa linear das tramas de enchimento

Para cada um dos factores foram definidos dois níveis. O plano definido para avaliar o efeito destes factores nas propriedades dos tecidos desenvolvidos (T1,T2,T3,T4) encontra-se esquematizado na Tabela 5, onde também se apresentam os níveis dos factores considerados.

Tabela 5. Plano de experiências

Factor	Nível	
Tensão das teias (N.m <sup>2</sup> )	1450 (B)	2100 (N)
Contextura à trama (passagens/cm)	48	58
Massa linear das tramas de enchimento (Ne)	12/2	8/4

Massa linear das tramas de enchimento (Ne)	Contextura à trama (passagens/cm)			
	48		58	
12/2	T1 T2 T3 T4	T1 T2 T3 T4	T1 T2 T3 T4	T1 T2 T3 T4
8/4			T2 T3 T4	T2 T3 T4
	1450 (B)	2100 (N)	1450 (B)	2100 (N)

Tensão das teias  
(N.m<sup>2</sup>)

B- tensão baixa ; N- tensão normal

Todos os tecidos desenvolvidos foram produzidos na empresa Somelos Tecidos S. A., localizada em Ronfe – Portugal. As características dos equipamentos utilizados na sua produção são apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Equipamentos utilizados na produção dos tecidos

Equipamentos		
Urdideira	Remetedeira	Tear
Urdideira de Amostras	Marca: Staubli	Pinça Bilateral
Marca: Suzuki Warper LTD	Modelo: Delta 200	Marca: Vamatex
Modelo: Type NAS – 130 N.	N. 405B2	Modelo Silver HS
840.	Ano de fabricação:	Ano de fabricação: 2005
Ano de fabricação: 1997	2005	

As propriedades geométricas e estruturais das 22 amostras de tecidos desenvolvidos com os quatro padrões concebidos- T1, T2, T3 e T4 são apresentadas na Tabela 7.

Os resultados das propriedades geométricas e estruturais, apresentados na Tabela 7, e demais propriedades estudadas nesta investigação, encontram-se no Anexo II.

Tabela 7. Propriedades geométricas e estruturais dos tecidos T1, T2, T3 e T4

Refª do tecido	Tensão teia (N/m²)	Massa linear dos fios (Ne)		Contextura (fios cm <sup>-1</sup> )		Massa linear das tramas de enchimento (Ne)	Massa/ área (g/m²)	Espessura (mm) 100Pa	Densidade do tecido (g/cm³)	Porosidade do tecido (%)	Refª amostra
		Teia	Trama	Teia	Trama						
T1	N-2100	38/2, 60/2	12/2, 60/2	109	48	12/2	428,42	2,89	0,148	0,904	T1-48-N(12/2)
	58				12/2)	479,97	3,36	0,141	0,909	T1-58-N(12/2)	
	B-1450				48	12/2	421,52	2,94	0,145	0,906	T1-48-B(12/2)
					58	12/2	469,23	3,39	0,138	0,911	T1-58-B(12/2)
T2	N-2100				48	12/2	457,88	3,22	0,142	0,908	T2-48-N(12/2)
					58	12/2	517,02	3,92	0,133	0,914	T2-58-N(12/2)
	B-1450				58	8/4	751,09	5,20	0,144	0,907	T2-58-N(8/4)
					48	12/2	453,76	3,25	0,140	0,910	T2-48-B(12/2)
					58	12/2	498,40	3,45	0,144	0,907	T2-58-B(12/2)
					58	8/4	715,79	4,87	0,146	0,906	T2-58-B(8/4)
T3	N-2100				48	12/2	462,59	3,79	0,122	0,921	T3-48-N(12/2)
					58	12/2	522,11	4,42	0,119	0,923	T3-58-N(12/2)
	B-1450				58	8/4	842,08	6,85	0,122	0,921	T3-58-N(8/4)
					48	12/2	446,04	3,74	0,121	0,922	T3-48-B(12/2)
					58	12/2	503,06	4,28	0,117	0,925	T3-58-B(12/2)
					58	8/4	813,10	6,98	0,116	0,925	T3-58-B(8/4)
T4	N-2100	48	12/2	433,33	3,54	0,122	0,921	T4-48-N(12/2)			
		58	12/2	487,14	3,60	0,135	0,913	T4-58-N(12/2)			
	B-1450	58	8/4	751,26	5,36	0,139	0,910	T4-58-N(8/4)			
		48	12/2	419,04	3,54	0,116	0,925	T4-48-B(12/2)			
		58	12/2	464,98	3,69	0,126	0,918	T4-58-B(12/2)			
		58	8/4	731,00	5,39	0,136	0,913	T4-58-B(8/4)			

## 3.2. Métodos de caracterização das propriedades dos tecidos

Os testes de caracterização foram realizados após condicionamento das amostras em condições ambiente normalizadas (temperatura  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $65 \pm 2\%$  de humidade relativa), de acordo com a norma ISO 139:1973. Antes de serem testadas, todas as amostras foram lavadas com detergente neutro, a uma temperatura de  $40^{\circ}\text{C}$ , durante 50 minutos e posteriormente secas em máquina de secar. O processo de lavagem, foi realizado de acordo com a norma NP EN ISO 6330.

O tratamento dos resultados obtidos nos testes de caracterização foi efetuada com recurso ao software estatístico SPSS versão 23.

### 3.2.1. Comportamento à compressão

A capacidade de compressão de um tecido, ou compressibilidade, é descrita como uma diminuição da sua espessura intrínseca (também chamada de espessura geométrica) com o aumento da pressão [6,69]. A compressibilidade depende principalmente da espessura do tecido, sendo mais elevada quanto maior for a espessura [55,70]. Tecidos com maior capacidade de compressão são considerados mais aptos para prevenção das úlceras de pressão, uma vez que apresentam melhores características para distribuir pressão [70].

O comportamento à compressão dos tecidos desenvolvidos foi avaliado sobre uma e duas camadas de tecido, utilizando o dinamómetro Hounsdfiel H100 KS, de acordo com o seguinte procedimento e condições de ensaio:

- distância entre as maxilas – ajustada de acordo com a espessura de cada tecido
- área efetiva do provete-  $100\text{ mm}^2$
- velocidade de ensaio-  $25\text{ mm/min}$
- célula de carga-  $250\text{ N}$
- forças aplicadas - 5; 10; 15; 20; 25 e  $30\text{ N}$ .

A recuperação da espessura após compressão foi avaliada após 3 minutos de repouso dos tecidos. A compressibilidade dos tecidos (C)% a diferentes pressões foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$C = [ (E_i - E_f) / E_i ] \times 100 \quad (\%) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,  $E_i$  = espessura inicial do tecido (mm) e  $E_f$  = espessura do tecido imediatamente após compressão (mm)

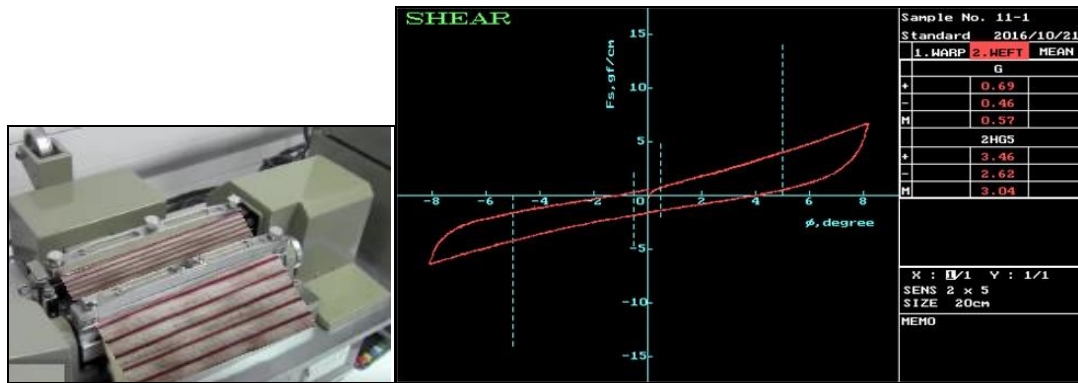
As medidas de espessura foram realizadas no equipamento Alambeta, a uma pressão de 100 Pa. Foram realizados 5 testes em cada tecido.

### 3.2.2. Comportamento ao corte

O comportamento de um tecido quando submetido a forças paralelas em sentidos opostos (forças de corte) determina como ele se deformará durante a sua utilização [6].

Em aplicações relacionadas com a prevenção de úlceras de pressão, as medidas mais relevantes para aferir o comportamento ao corte de substratos de suporte são a rigidez ao corte (G) e a histerese da tensão de corte a um ângulo de  $5^\circ$  (2HG5). A rigidez ao corte (G) está relacionada com a facilidade/dificuldade com que a estrutura se deforma. Valores elevados de rigidez ao corte são desejáveis, pois evitarão que o tecido se deforme quando submetido a forças de corte. A histerese da tensão de corte, pelo contrário, deverá ter valores mais baixos, uma vez que está relacionada com a capacidade do tecido recuperar de pequenas deformações.

Os tecidos desenvolvidos foram testados no equipamento Kawabata Evaluation System Kato Tech Co., Ltd., utilizando o módulo KES-FB1, *Tensile and Shear Tester*. Os parâmetros considerados na análise foram a rigidez do corte (G) e a histerese da tensão de corte em ângulo de  $\pm 5^\circ$  (2HG5). A Figura 7 ilustra o equipamento utilizado e um exemplo das curvas de tensão-deformação que são obtidas.



**Figura 7.** Equipamento KES-FB1 e exemplo das curvas obtidas (amostra T1-48-N(12/2))

A rigidez ao corte ( $\text{gf/cm/}^\circ$ ) é dada pela inclinação média da curva de força/deformação medida entre o ângulo de deformação  $0,5^\circ$  e  $5^\circ$ . A histerese da tensão de corte ( $\text{gf/cm}$ ) é dada pela média da curva a um ângulo de  $\pm 5^\circ$ .

As condições de ensaio foram as seguintes:

- Tensão de corte (constante) -  $10 \text{ gf/cm}$ ;
- Ângulo de corte máximo =  $\pm 8^\circ$ ;
- Velocidade de deformação (constante):  $0,478^\circ/\text{s}$ ;
- Dimensões da amostra:  $20 \times 20 \text{ cm}$ ;
- Comprimento do espécime submetido à tensão de corte:  $5 \text{ cm}$ .

O valor da rigidez ao corte ( $\text{gf/cm/}^\circ$ ) é a tensão de corte por unidade de comprimento por grau, dada pela inclinação média da curva de força/deformação medida entre o ângulo de deformação  $0,5^\circ$  e  $5^\circ$ . Os valores da histerese da tensão de corte ( $\text{Gf/cm}$ ) são dados pela média da curva de ângulo de  $5^\circ$  de histerese medida nas direções positiva e negativa.

### 3.2.3. Comportamento à flexão

A flexão é uma das mais importantes propriedades mecânicas que afetam o conforto sensorial. A rigidez à flexão de um tecido é principalmente dependente do atrito inter e intra-fios na estrutura, da sua espessura e massa por unidade de área, afetando a conformabilidade [55,57,71–73].



O comportamento à flexão dos tecidos desenvolvidos foi avaliado usando um método de teste estático (baseado na teoria de Pierce), de acordo com a norma BS 3356: 1961.

Neste método, a rigidez de flexão (G) é calculada considerando o comprimento de flexão e a massa por unidade de área da amostra e o módulo de flexão (B) considerando a espessura dos tecidos, de acordo com as equações 2 e 3, respectivamente:

$$G = 0,10 \times M \times C^3 \text{ (}\mu\text{N.m)} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde, M = massa por unidade de área da amostra ( $\text{g/m}^2$ ), C = comprimento da flexão (cm).

$$B = 12 \times G \times 10^3 / t^3 \text{ (N / m}^2\text{.)} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde, t = espessura do tecido (mm).

### 3.2.4. Atrito superficial

No contexto da prevenção da formação de UP, o coeficiente de atrito é um dos factores considerado como mais importante para evitar que o indivíduo deslize facilmente sobre a superfície de suporte, evitando desta forma a geração de tensões de corte [47].

O coeficiente de atrito cinético ou dinâmico dos tecidos desenvolvidos foi avaliado utilizando o aparelho Frictorq (Pedido de Patente Portuguesa nº102790/2002). De acordo com o movimento rotativo de três elementos metálicos, o coeficiente de atrito é calculado a partir do torque [74]. Foram testados cinco espécimes de cada tecido. A Figura 8 ilustra o equipamento utilizado e um exemplo dos gráficos obtidos.



Figura 8. Equipamento Frictorq e exemplo dos resultados (amostra T3-48-N(12/2))

### 3.2.5. Comportamento térmico

As superfícies de suporte destinadas à prevenção de úlceras de pressão devem ser capazes de manter um ambiente térmico adequado em torno da pele. As propriedades de transferência de calor e de ar dos tecidos desempenham um papel fundamental e são determinadas pelas propriedades dos materiais que entram na sua composição e por características geométricas da estrutura, tais como espessura e padrão [56,75].

Neste trabalho, identificaram-se a resistência térmica, a absorvidade térmica e a permeabilidade ao ar como as propriedades mais relevantes para aferir o comportamento térmico dos tecidos desenvolvidos.

A resistência térmica por ser uma medida da facilidade de transmissão de calor [76,77]; a absorvidade térmica por ser uma medida objetiva da sensação de quente-frio, relacionada com as características da superfície dos tecidos [78]. Na avaliação destas propriedades utilizou-se o aparelho Alambeta (Sensora Co, Czech Rep) que proporciona uma temperatura de contacto constante de 32°C e uma pressão de 100Pa. Foram realizadas cinco medições em cada tecido.

A permeabilidade ao ar dos tecidos foi avaliada de acordo com a norma NP EN ISO 9237 um permeabilímetro da Textest Instruments (Modelo FX3300), sob uma pressão diferencial de 200Pa. Para cada tecido foram realizadas 10 medições.

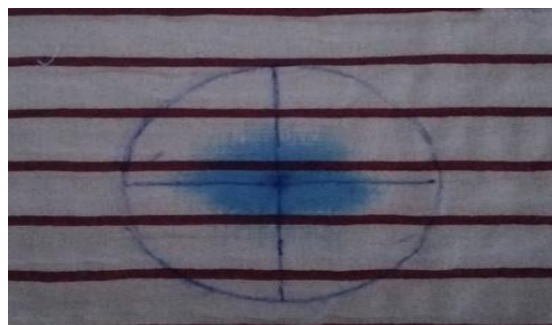
### 3.2.6. Gestão de humidade

Uma das características funcionais importantes de um têxtil destinado à prevenção de UP é a capacidade de transferir humidade, na forma líquida ou de vapor, para longe da pele e de dissipar para o meio envolvente. A presença de humidade (urina ou suor) é um dos factores que aumenta o risco de desenvolvimento de úlceras de pressão, deixando a pele mais sensível e mais suscetível ao atrito [58]. A higroscopicidade dos materiais e a porosidade da estrutura do tecido são factores que influenciam a quantidade de água absorvida ou dispersada [75,76].

Neste trabalho para aferir a capacidade de gestão da humidade dos tecidos desenvolvidos foram avaliadas: a) a dispersão de líquidos por capilaridade (vertical e horizontal); b) a absorção de líquidos através da estrutura e c) a permeabilidade ao vapor de água.

Na avaliação da dispersão vertical foi seguida a norma AATCC TM 197-2011 (método Byreck). Foram testados 6 provetes de acordo com a Norma de 200 x 25 mm (3 com a dimensão maior no sentido da teia e 3 na da trama) para cada tecido. A altura de molhagem foi registada a intervalos de 60 segundos até 5 minutos e depois a intervalos de 5 minutos até 30 minutos Para confirmar a precisão do procedimento de medição, a água foi colorida.

A avaliação da absorção de água foi realizada de acordo com a norma AATCC TM 198-2011. Foram testados três provetes de acordo com a Norma de 200x200 mm para cada tecido. Como o diâmetro da marca definida na norma (100 mm) não foi atingido até ao esgotamento de  $1.0 \pm 0.1$  ml de água, registaram-se os diâmetros (no sentido da teia e da trama) da mancha produzida e calculou-se a área de molhagem. A Figura 9 exemplifica o resultado dos testes.



**Figura 9.** Dispersão horizontal no tecido T3-48N(12/2)

O tempo de absorção de água foi determinado através do teste da gota sobre três provetes de cada amostra de tecido. Para aumentar a precisão da medição, a água foi colorida.

A permeabilidade ao vapor de água dos tecidos duplos desenvolvidos foi avaliada utilizando o permeabilímetro Shirley, da SDL International (modelo M261), de acordo com a norma BS 7209: 1990. Através deste método (método do copo) de ensaio calcula-se o índice de permeabilidade (%) e a taxa de permeabilidade ( $\text{g/m}^2.\text{dia}$ ), parâmetros comumente usados para avaliar a capacidade de transferência de humidade de tecidos. Para cada tecido foram ensaiados três provetes.

### 3.3. Métodos de avaliação do desempenho funcional

#### 3.3.1. Distribuição de pressão

A avaliação da pressão a que determinadas áreas do corpo estão sujeitas quando em contato com uma superfície de suporte é essencial para validar o desempenho dos tecidos desenvolvidos neste projeto. Para esse fim utilizou-se o equipamento de medição e mapeamento de pressões Conformat <sup>TM</sup> 5330 da Tekscan (Figura 10). Este equipamento é composto por 1024 sensores piezoresistivos distribuídos numa área de deteção de 471,4 x 471,4 mm.

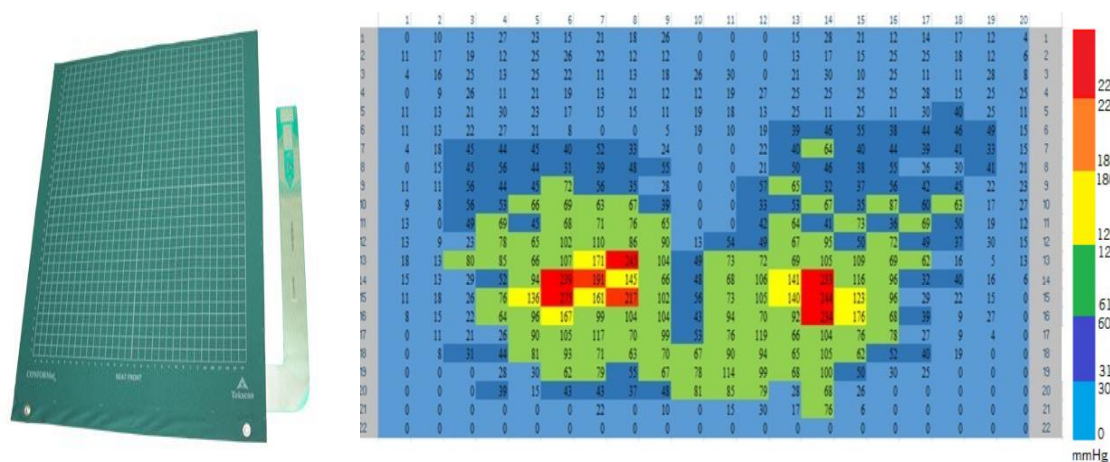


Figura 10. Exemplo de mapa de pressões obtido com o equipamento Conformat da Tekscan

Neste trabalho, a avaliação de distribuição de pressão foi efectuada sobre a zona isquiática, com o sujeito na posição sentada, sem suporte para os pés ou costas e tendo como interface os tecidos desenvolvidos (1 e 2 camadas). A duração de cada medição foi de 180 segundos.

O teste foi realizado com três sujeitos voluntários, cujas características se apresentam na Tabela 8.

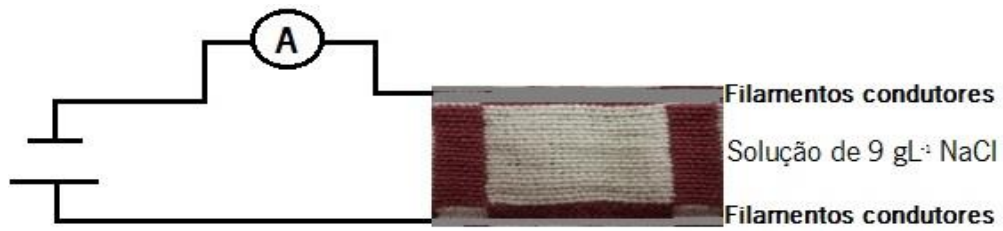
**Tabela 8.** Características dos voluntários

Sujeito	Sexo	Idade	Peso (Kg)	Altura (m)	Índice de massa corporal (%)
1	Feminino	68	49	1,60	19,14
2	Feminino	26	54	1,63	20,32
3	Masculino	32	68	1,68	24,09

Os dados adquiridos pelo equipamento foram exportados para tratamento e análise. Consideraram-se para análise seis intervalos de pressão registada: 0-30 mmHg; 31-60 mmHg; 61-120 mmHg; 121-180 mmHg; 181-220 mmHg e superior a 221 mmHg.

### 3.3.2. Detecção de humidade

O teste da capacidade de detecção de humidade promovida pela transpiração ou incontinência urinária, foi realizado sobre o tecido 2, amostra T2-58-N(12/2) seleccionada para o protótipo integrando fios de trama em poliamida texturizado revestida a prata. Para caracterizar foram realizadas medidas de corrente eléctrica em função da quantidade de solução de NaCl de 9g/L absorvida pelo tecido. Para inferir a quantidade de solução absorvida pelo tecido, estimou-se a massa de uma gota de solução, utilizando o valor médio do peso de 10 gotas de solução. A configuração do circuito eléctrico utilizado no teste é apresentada na Figura 11.



**Figura 11.** Configuração do teste para medidas da corrente elétrica em função da quantidade de eletrólito (Tensão-3V; Intensidade-2 mA)

Foram realizados três ensaios, sendo que após cada medição o tecido foi lavado, segundo a norma NP EN ISO 6330, para retirar a solução salina antes da próxima medida.

## 4.Resultados e Discussão

## **4.1. Análise das propriedades mecânicas dos tecidos desenvolvidos**

Para aferir a adequação dos tecidos desenvolvidos para coberturas de cama ou de assento na promoção de alívio de pressão, realizaram-se testes de caracterização das suas propriedades mecânicas. Avaliou-se o seu comportamento à compressão, flexão, corte e atrito superficial, de acordo com as normas e procedimentos descritos no capítulo 3, sub-capítulo 3.2. A análise e discussão dos resultados obtidos é apresentada nos capítulos seguintes.

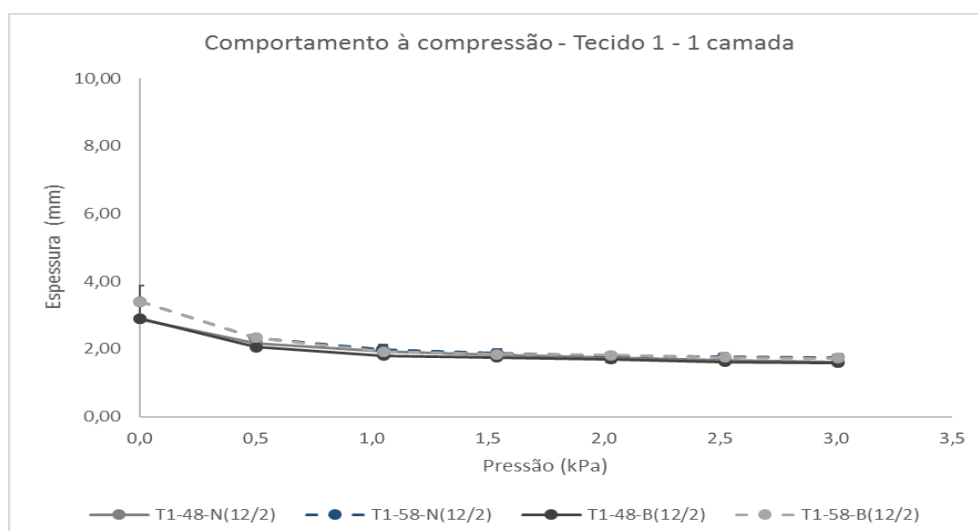
### **4.1.1. Comportamento à compressão**

Com a aplicação das diferentes pressões (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 e 3.0 kPa), a espessura dos tecidos altera-se devido às mudanças estruturais provocadas pelo achatamento dos fios na estrutura. Esta alteração na espessura reflete o comportamento dos tecidos à compressão sob diferentes pressões. Neste estudo, as medidas da espessura no final da aplicação das cargas e após tempo de repouso para relaxação da estrutura foram utilizadas na determinação da compressibilidade e recuperação à compressão dos tecidos. Considerou-se que o estudo deveria ser realizado sobre uma e duas camadas de tecido uma vez que a cobertura, em particular, de assentos poderá ser constituída por duas camadas de tecido duplo.

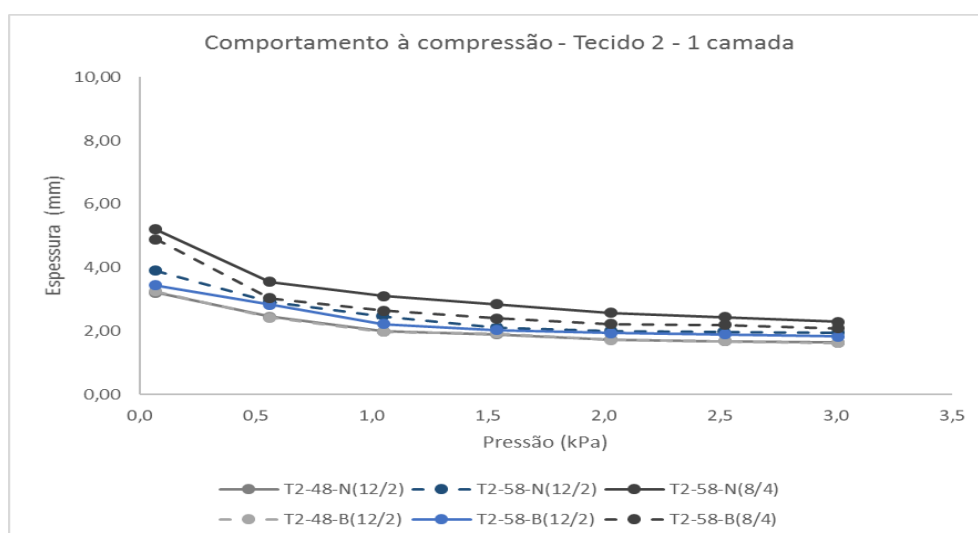
#### **4.1.1.1. Análise com uma camada de tecido**

As curvas pressão-espessura obtidas nos ensaios realizados sobre uma camada de cada uma das amostras dos tecidos desenvolvidos (T1, T2, T3 e T4) são apresentadas nos Gráficos 1 a 4.

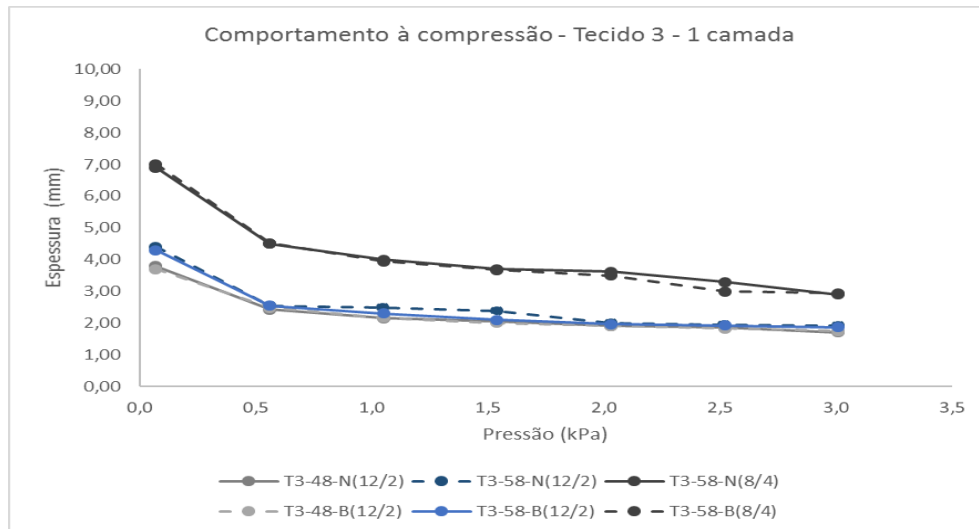




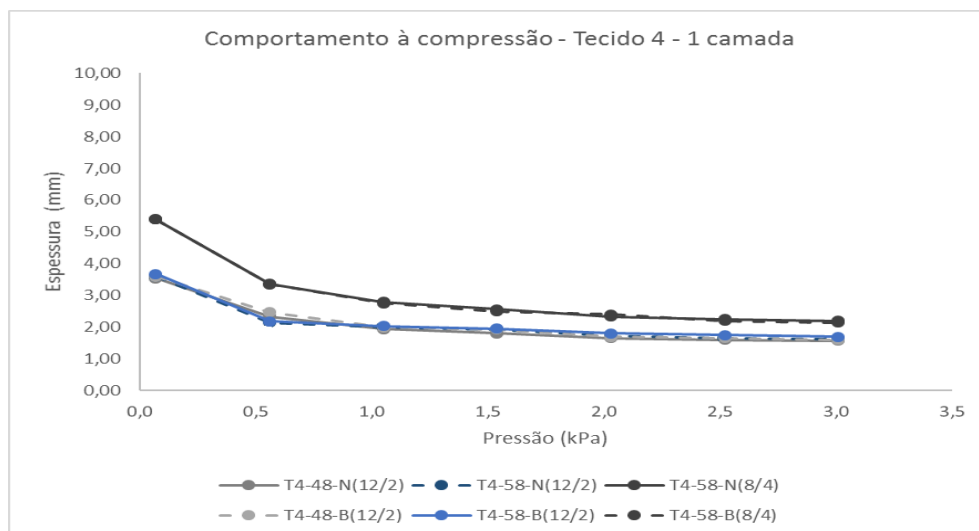
**Gráfico 1.** Comportamento à compressão –Tecido 1 - 1 camada -Alteração da espessura devido a diferentes pressões



**Gráfico 2.** Comportamento à compressão - Tecido 2 - 1 camada - Alteração da espessura devido a diferentes pressões



**Gráfico 3.** Comportamento à compressão - Tecido 3 - 1 camada - Alteração da espessura devido a diferentes pressões

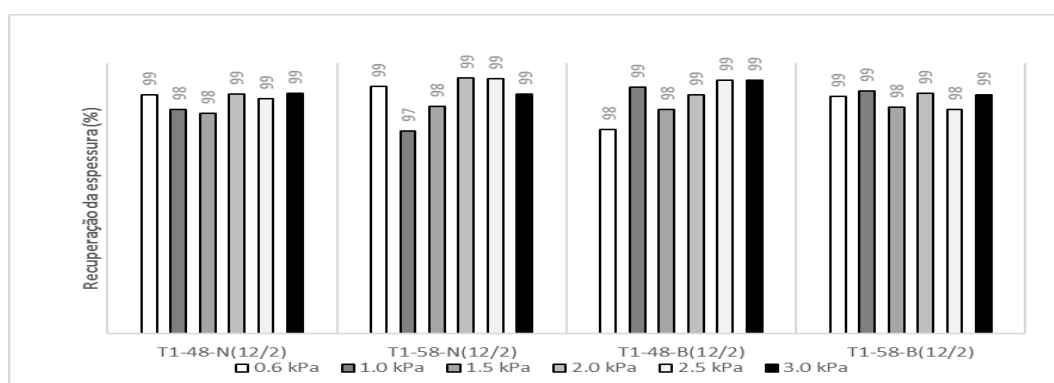


**Gráfico 4.** Comportamento à compressão - Tecido 4 - 1 camada - Alteração da espessura devido a diferentes pressões

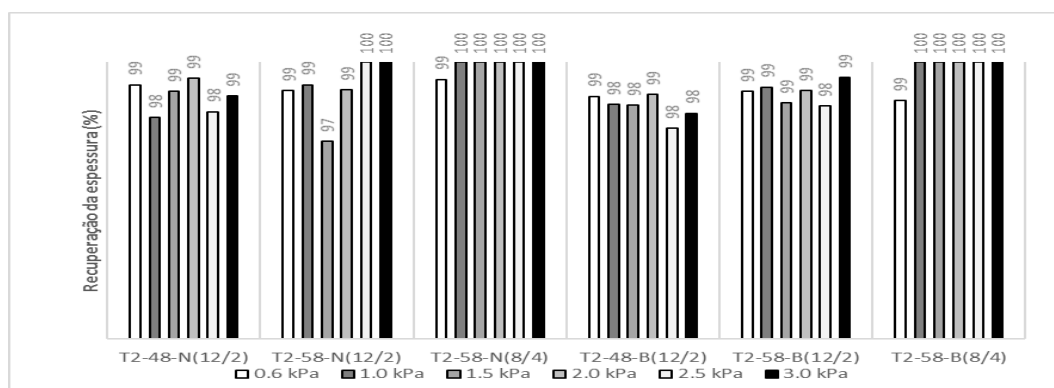
Como pode ser observado, para todos os tecidos, ocorre uma diminuição mais acentuada da espessura no início do ciclo de compressão, até se atingir 1 kPa de pressão. Nesta fase, isso se deve principalmente à redução dos espaços vazios dentro da estrutura em camadas dos tecidos duplos. Com a continuidade da compressão, a distância entre estas camadas diminui, tendendo a maioria dos tecidos para a sua espessura geométrica, a pressões da ordem de 1,5 kPa. A partir deste valor, os segmentos quase lineares das curvas de espessura-pressão são uma indicação de que o núcleo incompressível dos tecidos está sendo alcançado.

Da análise dos gráficos é possível verificar que os tecidos desenvolvidos com tramas de enchimento de massa linear de Ne 8/4 (T2, T3 e T4) apresentaram uma maior capacidade de compressão. O aumento da massa linear das tramas de enchimento conduziu a um aumento da espessura dos tecidos, melhorando o seu desempenho à compressão. Os tecidos desenvolvidos com o padrão T3 são os que demonstraram melhor este efeito.

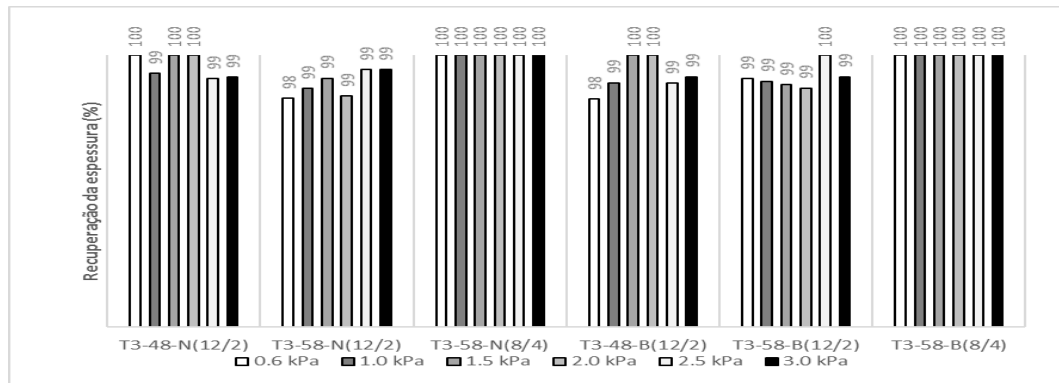
Para inferir a capacidade de amortecimento estrutural dos tecidos desenvolvidos, determinou-se o índice de recuperação da espessura (%) após a aplicação de diferentes pressões. A recuperação de espessura após compressão é uma medida da resiliência dos tecidos e um indicador da durabilidade funcional dos produtos para alívio de pressão. Os resultados obtidos para as diferentes amostras de tecidos T1, T2, T3 e T4 são apresentados nos Gráficos 5 a 8.



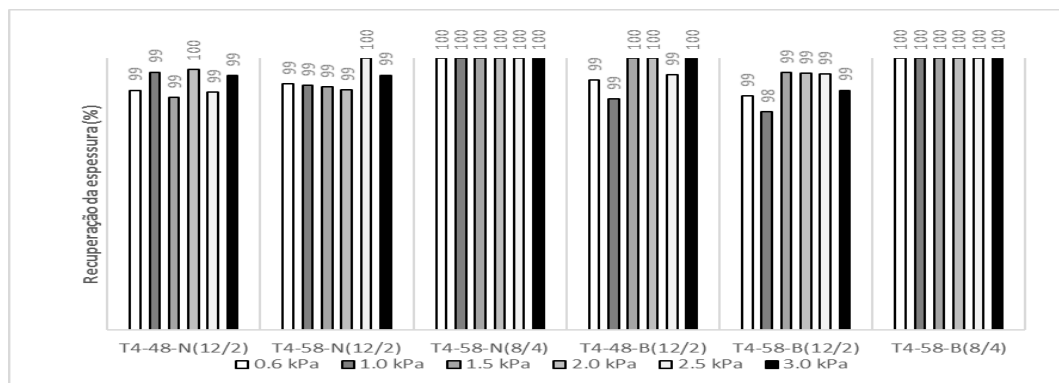
**Gráfico 5.** Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas  
- Tecido 1- 1 camada



**Gráfico 6.** Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas  
- Tecido 2- 1 camada



**Gráfico 7.** Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas - Tecido 3- 1 camada



**Gráfico 8.** Recuperação de espessura após 3 minutos em repouso- diferentes pressões aplicadas - Tecido 4 - 1 camada

Analisando e comparando os valores obtidos, verifica-se que as amostras de tecidos produzidas com tramas de enchimento de massa linear Ne 8/4 (T2, T3 e T4) são as que apresentam menor alteração de espessura três minutos após remoção das cargas, o que indicia não terem ocorrido deformações estruturais permanentes. As amostras T3-58-N(8/4), T3-58-B(8/4), T4-58-N(8/4) e T3-58-B(8/4), recuperaram totalmente a espessura original.

A compressibilidade (%) dos tecidos é um indicador da resistência oferecida à acção de forças de compressão e foi calculada usando a equação (1). Os resultados obtidos são apresentados nos Gráfico 9 a 12 .

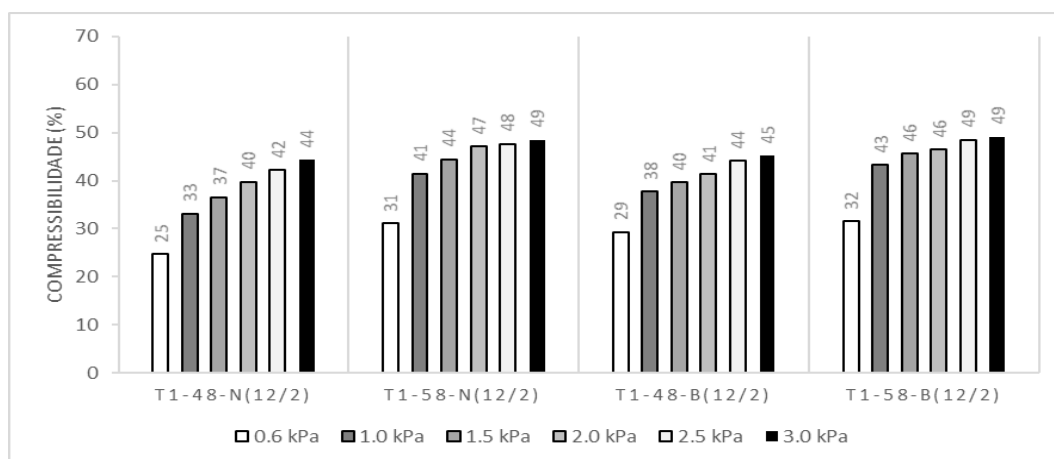


Gráfico 9. Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 1 - 1 camada

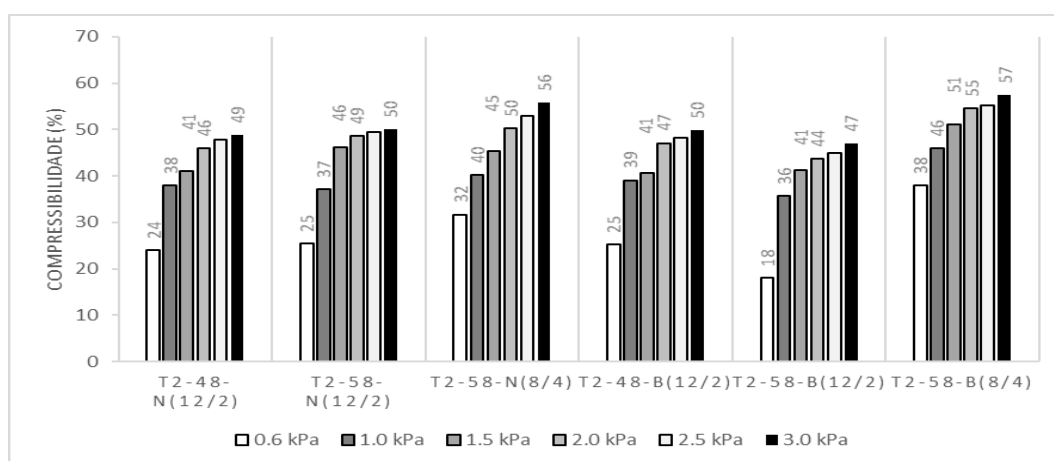


Gráfico 10. Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 2 - 1 camada

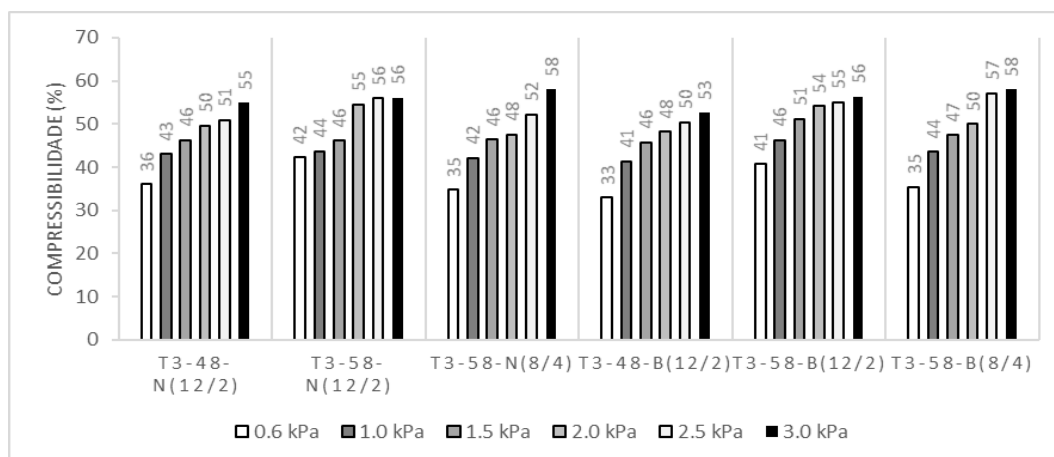
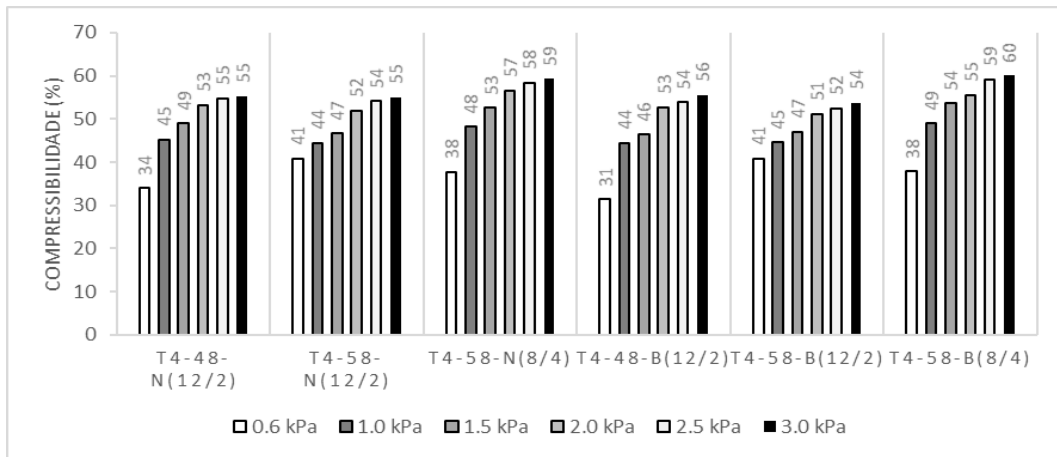


Gráfico 11. Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 3 - 1 camada



**Gráfico 12.** Compressibilidade a diferentes pressões - Tecido 4 - 1 camada

Observando estes resultados verifica-se que as amostras do tecido T3 e T4 apresentam valores médios de compressibilidade mais elevados, tendendo a convergir para valores de compressibilidade acima de 50% a pressões superiores a 2,0 kPa. No tecido 2, apenas as amostras produzidas com 58 passagens/cm e tramas de enchimento 8/4 Ne apresentaram valores de compressibilidade próximos de 50% a pressões de 2,0 kPa.

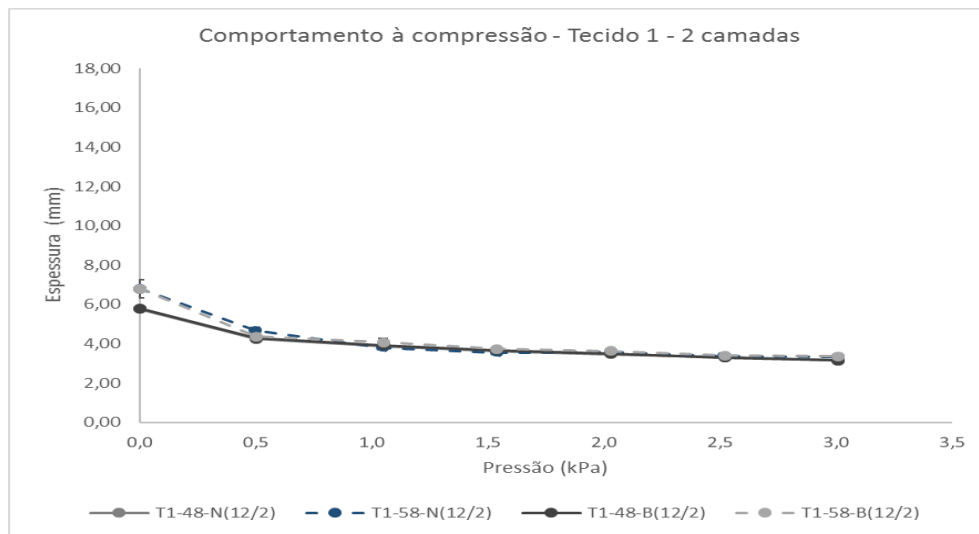
Todos as amostras do tecido T1 (Gráfico 9) demonstraram valores de compressibilidade mais baixos. A menor espessura destes tecidos, é uma das principais causas desse resultado.

As amostras dos tecidos 3 e 4, designadamente T3-58-N (8/4), T3 -58-B (8/4), T4-58-N (8/4) e T4 -58-B (8/4) demonstraram o melhor desempenho à compressão para serem utilizados como coberturas, quer em termos de compressibilidade (entre 58-60% a 3 kPa) e recuperação de espessura (recuperação de 100% após remoção da pressão de 3 kPa).

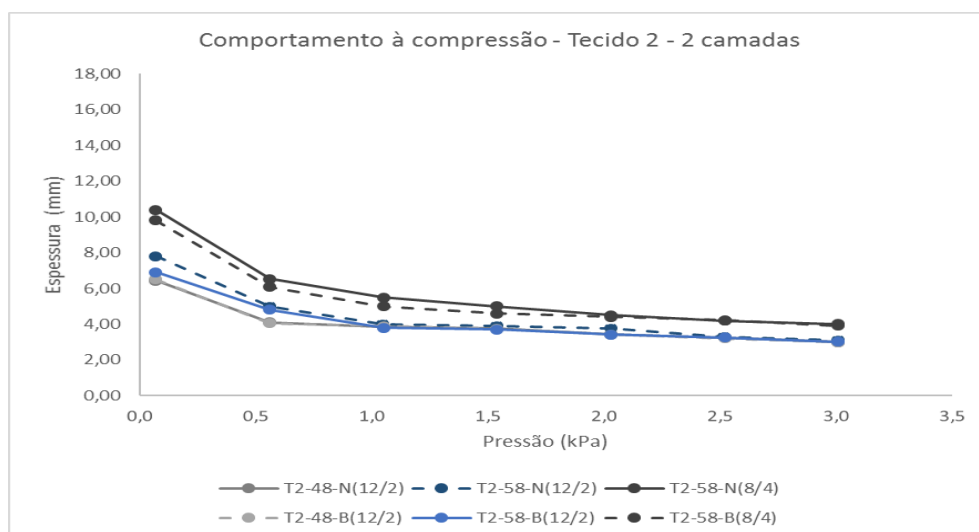
#### 4.1.1.2. Análise do efeito do número de camadas

Como referido anteriormente o comportamento à compressão de duas camadas de tecido foi avaliado por se considerar como hipótese viável a utilização deste arranjo em coberturas de suporte. Como factor de comparação, optou-se por analisar mais detalhadamente o efeito na compressibilidade à pressão máxima estudada de 3kPa. Esta pressão simula o peso de um corpo entre 80- 90 kg na posição sentado.

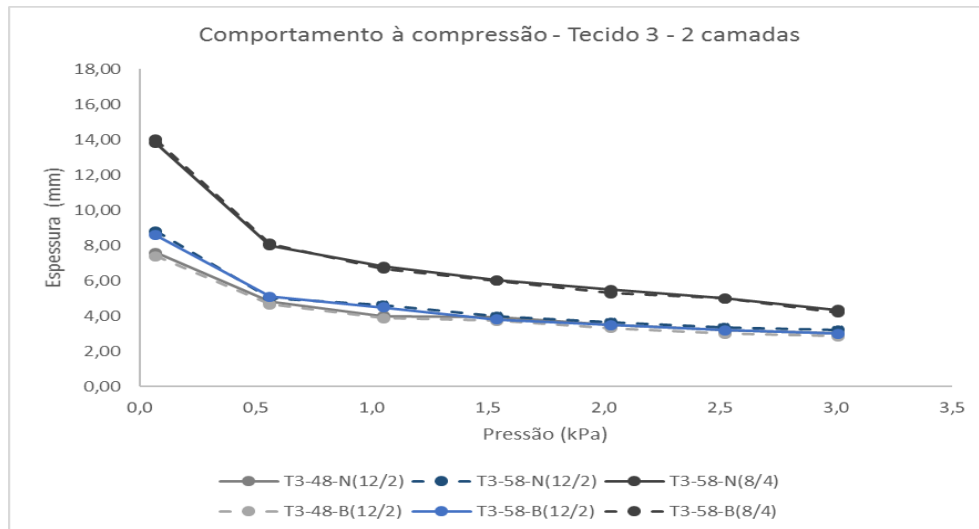
As curvas de pressão-espessura obtidas com 2 camadas dos tecidos T1, T2, T3 e T4 são apresentadas nos Gráficos 13 a 16.



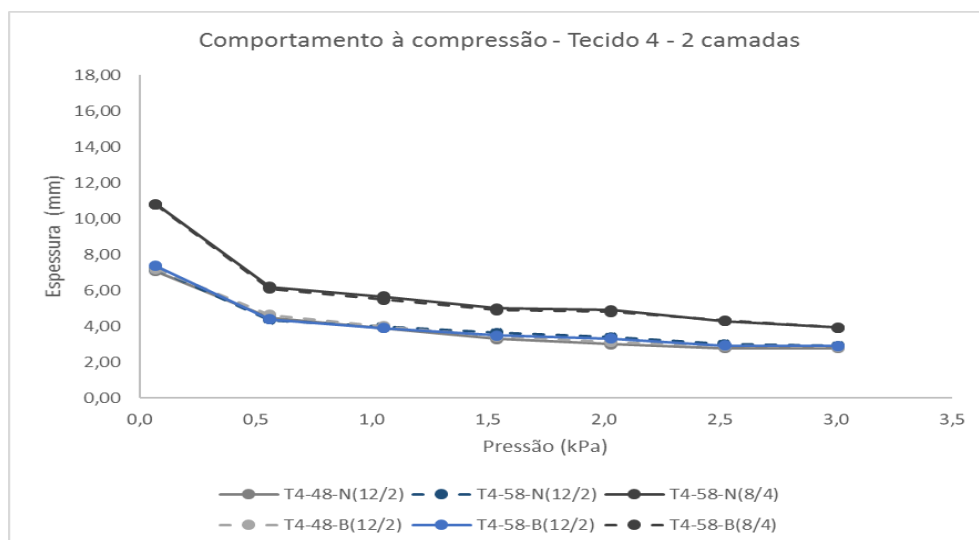
**Gráfico 13.** Comportamento à compressão –Tecido 1- 2 camadas -Alteração de espessura devido a diferentes pressões



**Gráfico 14.** Comportamento à compressão –Tecido 2- 2 camadas - Alteração de espessura devido a diferentes pressões



**Gráfico 15.** Comportamento à compressão –Tecido 3- 2 camadas - Alteração de espessura devido a diferentes pressões



**Gráfico 16.** Comportamento à compressão –Tecido 4- 2 camadas - Alteração de espessura devido a diferentes pressões

O aumento do número de camadas, promoveu uma diminuição acentuada da espessura de todas as amostras no início do ciclo de compressão, até atingir 0,5 kPa de pressão. A partir desta pressão, o perfil das curvas pressão-espessura é semelhante ao verificado nos ensaios com uma camada. A Tabela 9 apresenta os valores médios da compressibilidade e de recuperação da compressão obtidos nos testes a diferentes pressões.

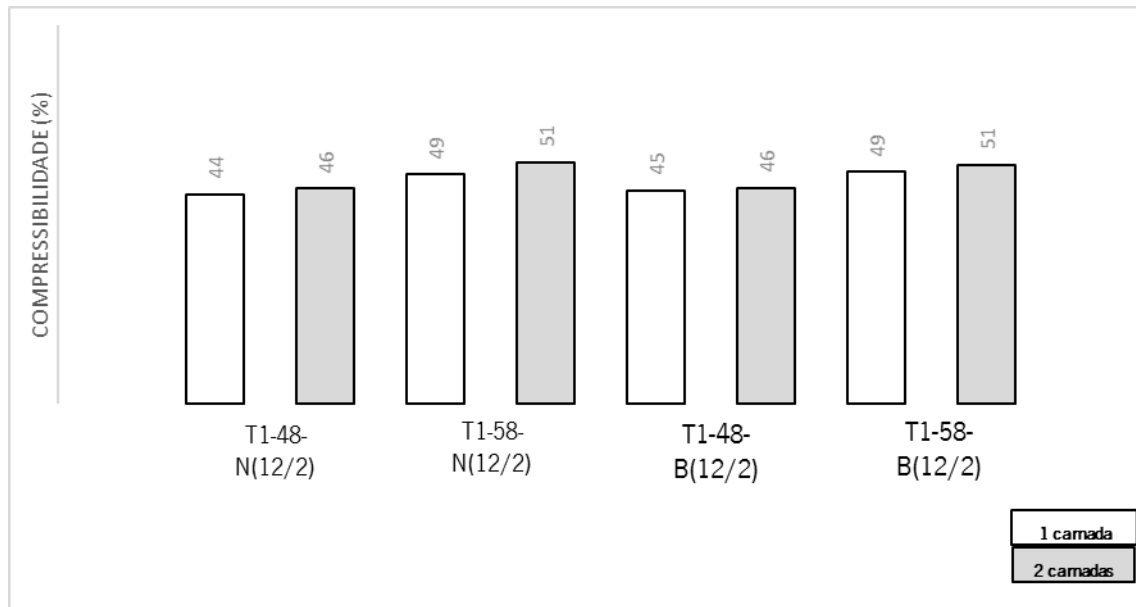


**Tabela 9.** Recuperação da espessura após 3 minutos e compressibilidade – 2 camadas

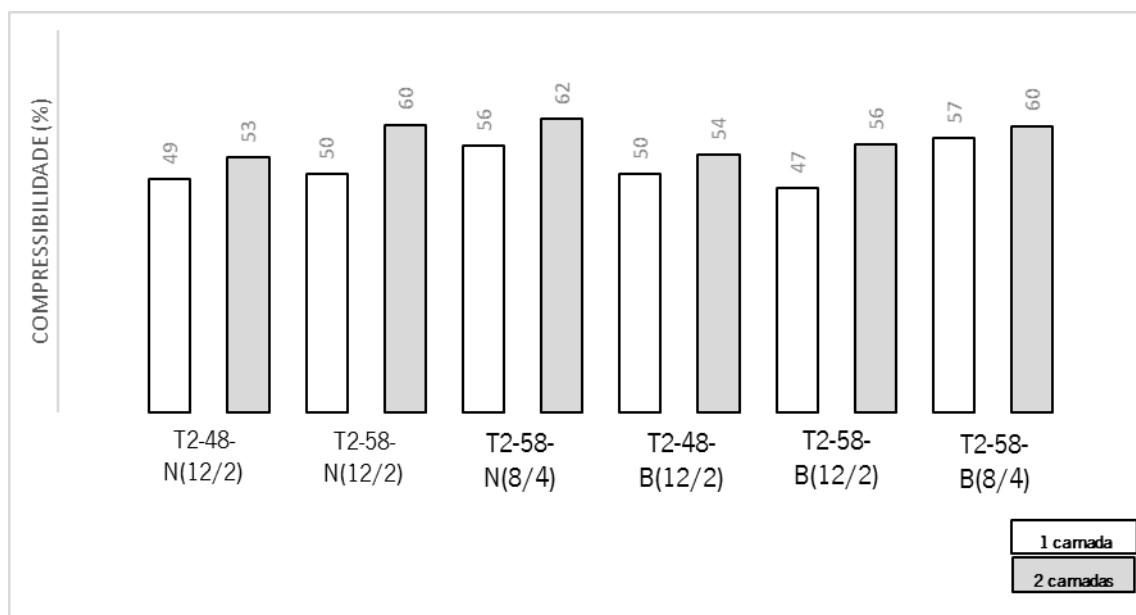
Refª amostra	Recuperação da espessura após 3 minutos (%)						Compressibilidade (%)					
	Pressão (kPa)						Pressão (kPa)					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
T1-48-N(12/2)	99	98	100	99	99	99	27	33	37	40	43	46
T1-58-N(12/2)	97	99	99	99	100	99	31	44	48	48	51	51
T1-48-B(12/2)	99	99	99	99	99	99	26	32	37	40	43	46
T1-58-B(12/2)	99	99	99	100	99	99	36	40	45	47	50	51
T2-48-N(12/2)	99	99	99	99	100	100	36	40	41	46	49	53
T2-58-N(12/2)	98	99	99	98	99	100	36	49	50	52	58	60
T2-58-N(8/4)	100	100	100	100	100	100	37	47	52	57	60	62
T2-48-B(12/2)	99	99	99	99	99	100	38	40	42	47	51	54
T2-58-B(12/2)	99	99	100	99	99	99	30	45	46	50	53	56
T2-58-B(8/4)	100	100	100	100	100	100	38	49	53	55	57	60
T3-48-N(12/2)	100	100	99	99	100	99	37	47	48	54	58	61
T3-58-N(12/2)	100	99	100	99	99	99	43	47	55	59	62	64
T3-58-N(8/4)	99	100	100	100	100	100	42	51	56	60	64	68
T3-48-B(12/2)	100	99	99	99	99	99	37	48	49	55	59	61
T3-58-B(12/2)	99	100	99	99	99	100	41	48	56	59	63	65
T3-58-B(8/4)	100	100	100	100	100	100	42	52	57	62	64	70
T4-48-N(12/2)	99	99	100	99	100	100	36	45	53	58	60	61
T4-58-N(12/2)	99	100	99	99	100	100	40	44	50	53	58	60
T4-58-N(8/4)	100	100	100	100	100	100	43	48	54	55	60	64
T4-48-B(12/2)	100	100	100	99	99	99	35	44	52	57	60	60
T4-58-B(12/2)	99	100	99	99	99	100	40	47	52	55	60	61
T4-58-B(8/4)	100	100	100	100	100	100	43	49	54	55	60	63

Comparando os valores da recuperação da espessura dos tecidos testados com 2 camadas, apresentados na Tabela 9, com os obtidos com uma camada (Gráficos 5 a 8) é possível verificar, na generalidade, um aumento da % de recuperação. As amostras T2-58-N(8/4) e T2-58-B(8/4), no arranjo com duas camadas, recuperaram totalmente a espessura original em todas as pressões avaliadas, fazendo parte do conjunto de amostras que, com uma camada, tinham apresentado 100% de taxa de recuperação de espessura- amostras T3-58-N(8/4), T3-58-B(8/4), T4-58-N(8/4) e T4-58-B(8/4).

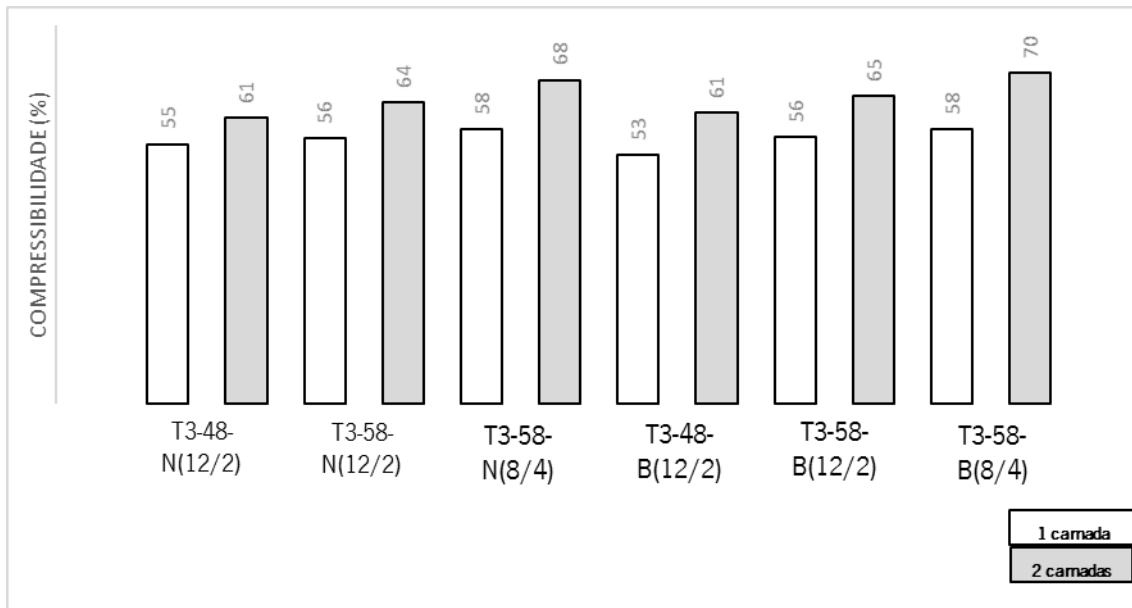
A análise do efeito de aumento do número de camadas de tecido na compressibilidade foi efetuada relativamente à pressão máxima de 3 kPa, pelas razões anteriormente apontadas. Os Gráficos 17 a 20 apresentam os valores médios de compressibilidade dos tecidos testados com uma e duas camadas.



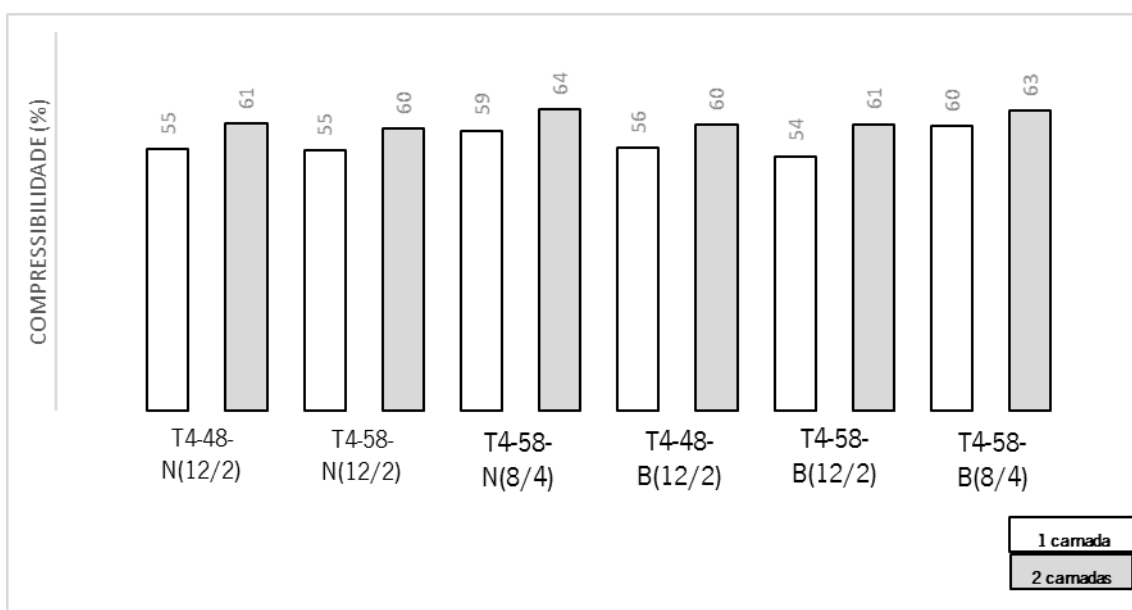
**Gráfico 17.** Compressibilidade do Tecido 1 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa



**Gráfico 18.** Compressibilidade do Tecido 2 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa



**Gráfico 19.** Compressibilidade do Tecido 3 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa



**Gráfico 20.** Compressibilidade do Tecido 4 – 1 e 2 camadas de tecido -pressão de 3 kPa

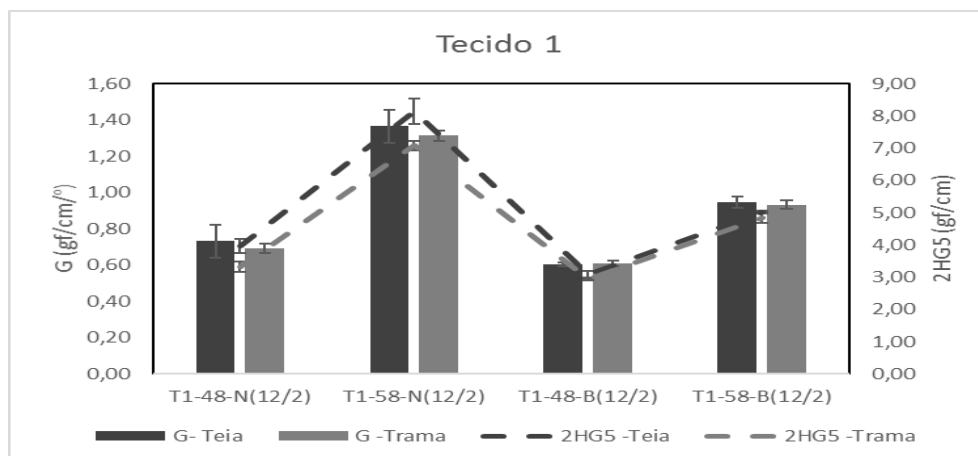
Analisando estes gráficos é possível verificar que a compressibilidade de todos os tecidos aumentou quando testados com duas camadas. Este comportamento era expectável, uma vez que a um aumento da espessura está associado uma maior compressibilidade [55]. A diferença na compressibilidade dos tecidos, provocada pelo aumento do número de camadas é significativa nos tecidos T2, T3 e T4. As maiores variações nos valores médios de

compressibilidade foram registadas nas amostras dos tecidos T2 e T3 produzidas com 58 passagens/cm, designadamente T2-58N(12/2), T2-58B(12/2), T2-58N(8/4), T2-58B(8/4), T3-58N(12/2), T3-58B(12/2), T3-58N(8/4) e T3-58B(8/4). Estes resultados indiciam que o aumento da compressibilidade resultou do efeito conjugado da espessura da amostra com a dimensão do padrão da superfície. As amostras T2 e T3 são as que cumulativamente apresentam estas características - padrões de superfície com maior área e maior espessura (T2-quadrados e T3-riscas horizontais) maior a compressibilidade num arranjo.

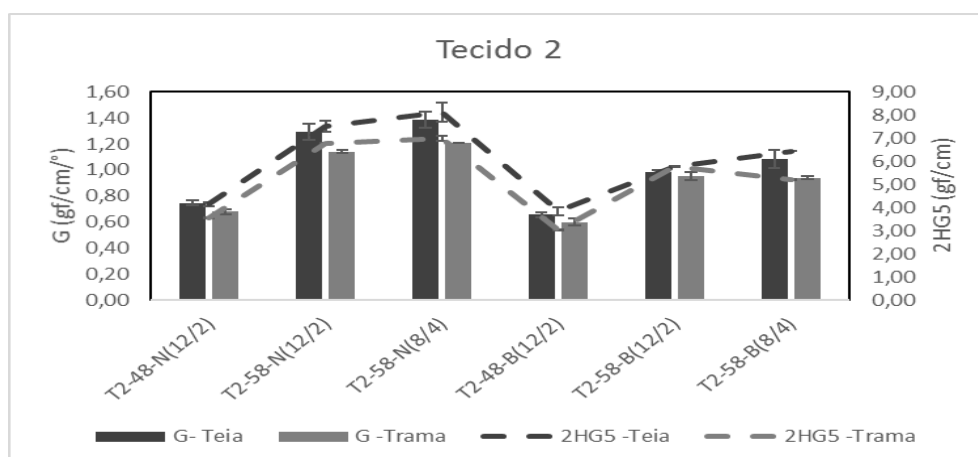
Com base nestes resultados, será considerada a utilização de 2 camadas de tecido para potenciar o desempenho em termos de alívio de pressão [70].

#### 4.1.2. Comportamento ao corte

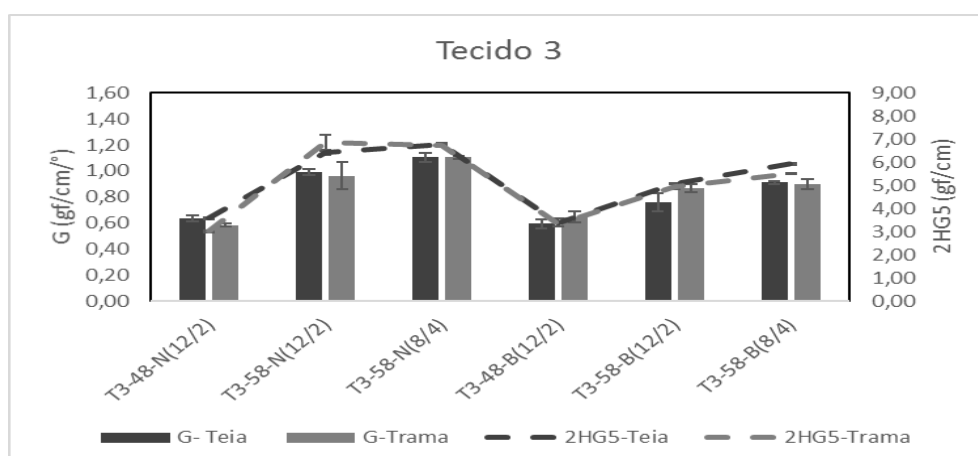
A rigidez de corte (G) e a histerese da tensão de corte (2HG5) dos tecidos desenvolvidos, medidas no sistema KES, são apresentadas nos Gráficos 21 à 24.



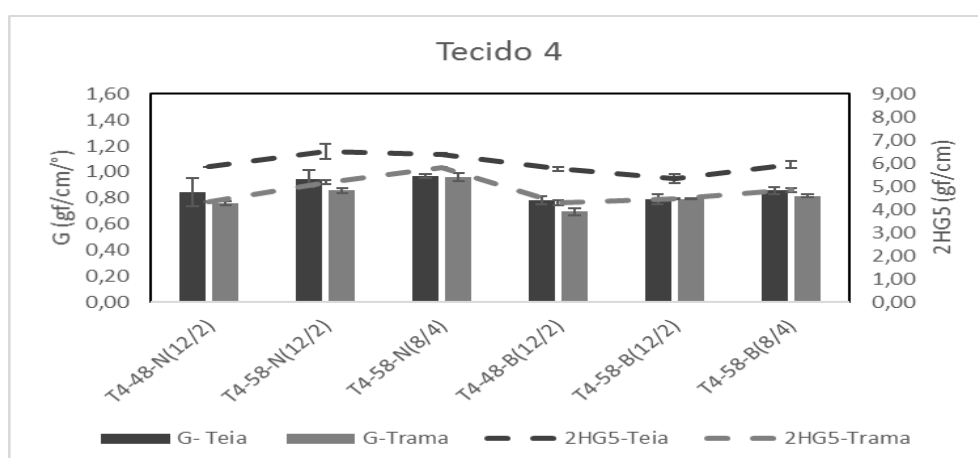
**Gráfico 21.** Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 1



**Gráfico 22.** Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 2



**Gráfico 23.** Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 3



**Gráfico 24.** Rigidez ao corte (G) e Histerese da tensão de corte (2HG5) – Tecido 4

Analisando os resultados obtidos nos gráficos é possível verificar que a rigidez ao corte (G) de todas as amostras dos tecidos é semelhante em ambas as direções (teia e trama).

Nos tecidos 1, 2 e 3, as amostras construídas com maior contextura à trama (58 passagens/cm) e tensão na teia mais elevada (2100 N/m<sup>2</sup>) apresentaram valores significativamente mais elevados de rigidez ao corte (G) e histerese da tensão de corte (2HG5) em ambas as direções. Este comportamento, esperado e anteriormente verificado por Nayak et al. [57]; Domskienė e Strazdienė [79] e Mohammed et al. [80], é essencialmente devido ao maior aperto da estrutura dos tecidos e consequente menor mobilidade dos fios. Contudo, o efeito do aumento da contextura à trama e da tensão da teia nestas propriedades não é evidente entre as amostras do tecido 4. Este resultado pode ser devido ao padrão deste tecido.

Analisando a influência do padrão de superfície dos tecidos no comportamento ao corte, verifica-se que as amostras dos tecidos 1 e 2 (Gráficos 21 e 22) apresentaram maiores valores de rigidez ao corte (G) e histerese da tensão de corte (2HG5) do que tecidos 3 e 4 (Gráficos 23 e 24). Estes resultados indiciam que a influência do padrão de superfície do tecido no comportamento ao corte é relevante. Os padrões com efeito xadrez (tecidos 1 e 2) conferiram uma maior rigidez ao corte do que os efeito de riscas horizontais (tecidos 3 e 4). A amostra de tecido T3-48-B(12/2) foi a que apresentou rigidez ao corte e histerese da tensão de corte mais baixas.

A análise de variância realizada (Tabelas 10 e 11) confirmou que a rigidez ao corte a histerese da tensão de corte na direção da teia e da trama, diferiram significativamente entre os tecidos T1, T2 T3 e T4.

**Tabela 10. ANOVA – Factor- Rigidez ao corte – Direção teia - T1, T2 T3 e T4**

	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	3,333	21	0,159	68,914
Nos grupos	0,101	44	0,002	
Total	3,434	65		

ANOVA – Factor – Rigidez ao corte – Direção trama - T1, T2 T3 e T4				
	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	2,918	21	0,139	141,518
Nos grupos	0,043	44	0,001	
Total	2,961	65		

**Tabela 11. ANOVA – Factor Histerese da tensão de corte – Direção teia - T1, T2 T3 e T4**

	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	157,923	21	7,520	77,465
Nos grupos	4,271	44	,097	
Total	162,194	65		

ANOVA – Factor – Histerese da tensão de corte – Direção trama - T1, T2 T3 e T4				
	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	140,254	21	6,679	606,575
Nos grupos	,484	44	,011	
Total	140,738	65		

### 4.1.3. Comportamento à flexão

A flexão ou rigidez à flexão dos tecidos é influenciada pela rigidez dos fios e pela mobilidade dos fios na estrutura do tecido. As Tabelas 12 à 15 apresentam os valores médios e desvio padrão da rigidez de flexão (G) e do módulo de flexão (B) dos tecidos duplos desenvolvidos, calculados a partir das equações 2 e 3 respectivamente.

**Tabela 12.** Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 1

Refª amostra	Rigidez a flexão (g.cm)		Módulo de flexão (N/m²)	
	teia	trama	teia	trama
T1-48-N(12/2)	0,95±0,02	1,17±0,06	472,58±0,03	521,25±0,00
T1-58-N(12/2)	1,20±0,03	1,91±0,08	366,89±0,09	412,39±0,03
T1-48-B(12/2)	0,87±0,07	1,15±0,06	423,62±0,01	456,91±0,03
T1-58-B(12/2)	1,07±0,02	1,8142±0,00	325,92±0,09	350,01±0,03

**Tabela 13.** Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 2

T2-48-N(12/2)	1,30±0,03	1,48±0,02	466,18±0,01	531,74±0,04
T2-58-N(12/2)	1,48±0,00	1,71±0,00	299,19±0,08	345,22±0,00
T2-58-N(8/4)	2,34±0,00	2,79±0,00	199,40±0,00	237,77±0,00
T2-48-B(12/2)	1,29±0,03	1,45±0,05	449,31±0,01	508,08±0,01
T2-58-B(12/2)	1,40±0,00	1,63±0,07	409,19±0,00	475,40±0,02
T2-58-B(8/4)	2,21±0,00	2,63±0,00	224,95±0,00	268,38±0,00

**Tabela 14.** Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 3

T3-48-N(12/2)	1,69±0,03	1,97±0,08	370,21±0,02	431,89±0,01
T3-58-N(12/2)	1,92±0,00	2,33±0,00	270,37±0,00	328,36±0,00
T3-58-N(8/4)	3,20±0,08	3,99±0,07	116,86±0,03	145,62±0,02
T3-48-B(12/2)	1,62±0,04	1,89±0,09	382,63±0,01	447,90±0,02
T3-58-B(12/2)	1,85±0,00	2,23±0,00	279,11±0,00	336,83±0,00
T3-58-B(8/4)	3,07±0,03	3,73±0,00	107,51±0,01	130,52±0,00



**Tabela 15.** Comportamento à flexão – Rigidez e módulo de flexão - Tecidos 4

T4-48-N(12/2)	1,36±0,01	1,68±0,01	366,95±0,05	453,97±0,01
T4-58-N(12/2)	1,54±0,02	1,91±0,02	397,24±0,01	491,01±0,06
T4-58-N(8/4)	2,57±0,01	3,00±0,06	196,08±0,07	228,52±0,05
T4-48-B(12/2)	1,30±0,01	1,61±0,04	335,27±0,01	414,95±0,01
T4-58-B(12/2)	1,47±0,02	1,81±0,04	353,29±0,01	435,54±0,01
T4-58-B(8/4)	2,50±0,01	2,91±0,00	191,56±0,01	223,10±0,03

Analisando os resultados, é possível observar que a rigidez à flexão é claramente mais elevada (e o módulo de flexão mais baixo) nas amostras com maior contextura à trama (58 passagens/cm) e maior massa linear das tramas de enchimento (8/4 Ne), em ambas as direções. Este foi um resultado esperado, uma vez que a densidade e a espessura desses tecidos são significativamente superiores [73].

Verifica-se ainda que os tecidos apresentam uma maior rigidez à flexão na direção da trama. Este comportamento resulta principalmente de se utilizarem na trama dos tecidos de base um fio mais grosso do que na teia.

As amostras de tecido com padrão da superfície na forma de riscas horizontais (T3 e T4) apresentaram maior rigidez à flexão e menor módulo de flexão do que as amostras de tecido T1 e T2 em forma de quadrados (Tabela 12 e 13). O menor número de ligações e o maior comprimento das flutuações na estrutura deste padrão são a principal causa para este comportamento.

O efeito da tensão das teias no comportamento à flexão não é significativo.

A análise de variância realizada (Tabelas 16 e 17) confirmou que a rigidez à flexão e o módulo de flexão na direção da teia e da trama, diferiram significativamente entre os tecidos T1, T2 T3 e T4.

**Tabela 16.** ANOVA – Factor- Rigidez à flexão – Direção teia - T1, T2 T3 e T4

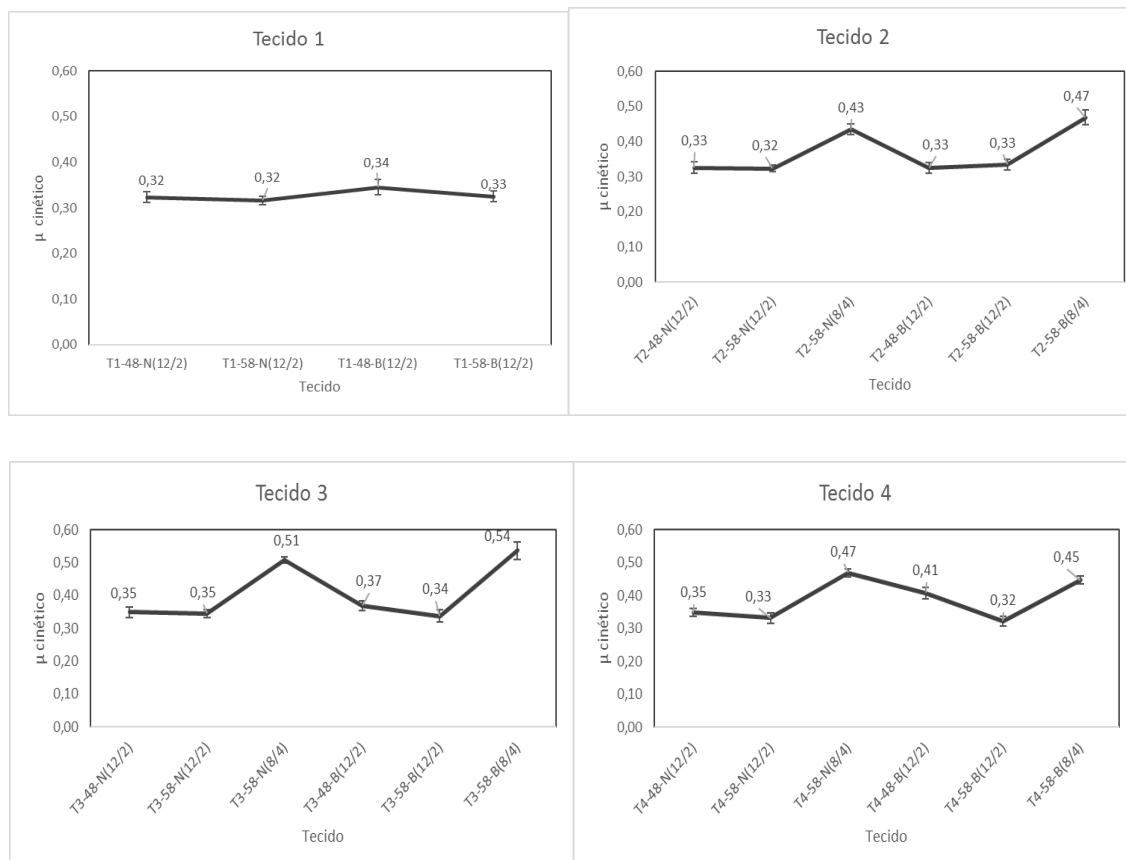
	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	26954778,762	21	1283560,893	5187,272
Nos grupos	10887,548	44	247,444	
Total	26965666,310	65		
ANOVA – Factor – Rigidez à flexão – Direção trama - T1, T2 T3 e T4				
	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	36454415,469	21	1735924,546	6054,443
Nos grupos	12615,642	44	286,719	
Total	36467031,111	65		

**Tabela 17.** ANOVA – Factor – módulo de flexão – Direção teia - T1, T2 T3 e T4

	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	723615,497	20	36180,775	143,434
Nos grupos	11351,116	45	252,247	
Total	734966,613	65		
ANOVA – Factor – módulo de flexão – Direção trama - T1, T2 T3 e T4				
	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	1259220,771	20	62961,039	212,907
Nos grupos	13307,452	45	295,721	
Total	1272528,223	65		

#### 4.1.4. Coeficiente de Atrito Cinético

Como descrito no estado da arte, o atrito elevado é um dos factores de risco que contribuem para o desenvolvimento de úlceras de pressão. Os coeficientes de atrito cinético máximo obtidos para cada uma das amostras de tecido estão representados no Gráfico 25.



**Gráfico 25.** Coeficiente de atrito cinético máximo– Tecidos 1, 2, 3 e 4

Como pode ser observado neste gráfico não há uma variação significativa do coeficiente de atrito cinético entre as amostras dos diferentes tecidos-T1 T2, T3 e T4 produzidas com os mesmos parâmetros de construção. Por outro lado, as amostras produzidas com tramas de enchimento Ne 8/4 são as que apresentam os coeficientes de atrito cinético mais elevados. Tendo em consideração que estas amostras registaram um torque de reação mais elevado (Tabela 18), e que este está relacionado com uma superfície com maior rugosidade aparente [45,59], é possível que seja este o factor determinante do aumento do coeficiente de atrito cinético.

**Tabela 18.** Valores do torque dos tecidos 1, 2, 3 e 4

Referências	Torque (cNm)					
	T-48-N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido1	0,31± 0,03	0,32± 0,01	-	0,31± 0,02	0,32± 0,03	-
Tecido 2	0,29± 0,02	0,30± 0,03	0,35± 0,01	0,31± 0,02	0,28± 0,03	0,37± 0,01
Tecido 3	0,30± 0,02	0,32± 0,03	0,39± 0,04	0,32± 0,02	0,27± 0,01	0,39± 0,01
Tecido 4	0,29± 0,04	0,33± 0,02	0,36± 0,03	0,30± 0,04	0,29± 0,02	0,35± 0,02

A análise de variância realizada (Tabela 19) confirmou que coeficiente de atrito, diferiram significativamente entre os tecidos T1, T2 T3 e T4.

**Tabela 19.** ANOVA - Coeficiente de atrito - tecido 1, 2, 3 e 4

	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	493	21	0,023	101,316
Nos grupos	20	88	0,000	
Total	514	109		

#### 4.1.5. Considerações finais sobre as propriedades mecânicas dos tecidos desenvolvidos

Na Tabela 20 são apresentados os valores médios das propriedades mecânicas estudadas nas secções anteriores para melhor análise global dos resultados. Os valores da compressibilidade e recuperação de espessura referem-se a uma pressão de 3 kPa.

Tabela 20. Quadro-resumo -Propriedades mecânicas

Refª amostra	Compressi- bilidade (%)		Recuperação da espessura após 3 minutos		Comportamento ao corte				Comportamento à flexão				Atrito cinético μ
	camada		camada		G (gf/cm/°)		2HG5 (gf/cm)		G (g.cm)		B (N/m²)		
	1	2	1	2	Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama	
T1-48-N(12/2)	44	46	99	99	0,73	0,69	3,97	3,33	0,95	1,17	472,58	521,25	0,32
T1-58-N(12/2)	49	51	99	99	1,37	1,31	8,15	7,09	1,20	1,91	366,88	412,39	0,32
T1-48-B(12/2)	45	46	99	99	0,60	0,61	3,08	2,94	0,86	1,14	423,62	456,91	0,34
T1-58-B(12/2)	49	51	99	99	0,95	0,93	5,02	4,85	1,07	1,84	325,92	350	0,33
T2-48-N(12/2)	49	53	99	100	0,75	0,68	4,15	3,55	1,30	1,48	466,18	531,74	0,33
T2-58-N(12/2)	50	60	100	100	1,29	1,14	7,52	6,76	1,48	1,71	299,19	345,22	0,32
T2-58-N(8/4)	56	62	100	100	1,38	1,21	8,12	7	2,34	2,79	199,40	237,77	0,43
T2-48-B(12/2)	50	54	98	100	0,66	0,60	3,84	3,03	1,29	1,45	449,31	508,88	0,33
T2-58-B(12/2)	47	60	99	99	0,98	0,95	5,79	5,76	1,40	1,63	409,19	475,40	0,33
T2-58-B(8/4)	57	60	100	100	1,09	0,94	6,43	5,19	2,21	2,63	224,95	268,38	0,47
T3-48-N(12/2)	55	61	99	99	0,63	0,58	3,59	3,01	1,69	1,97	370,21	431,89	0,35
T3-58-N(12/2)	56	64	99	99	0,99	0,96	6,40	6,86	1,92	2,33	270,37	328,36	0,35
T3-58-N(8/4)	58	68	100	100	1,11	1,10	6,79	6,71	3,20	3,99	116,86	145,62	0,51
T3-48-B(12/2)	53	61	99	99	0,59	0,65	3,39	3,31	1,62	1,89	382,63	447,90	0,37
T3-58-B(12/2)	56	65	99	100	0,76	0,87	5,06	4,95	1,85	2,23	279,11	336,83	0,34
T3-58-B(8/4)	58	70	100	100	0,91	0,90	5,93	5,51	3,07	3,73	107,51	130,52	0,54
T4-48-N(12/2)	55	61	99	100	0,84	0,76	5,84	4,33	1,36	1,68	366,95	453,97	0,35
T4-58-N(12/2)	55	60	99	100	0,95	0,86	6,50	5,18	1,54	1,91	397,24	491,01	0,33
T4-58-N(8/4)	59	64	100	100	0,97	0,96	6,39	5,82	2,57	3	196,08	228,52	0,47
T4-48-B(12/2)	56	60	100	99	0,78	0,69	5,75	4,29	1,30	1,61	335,27	414,95	0,41
T4-58-B(12/2)	54	61	99	100	0,79	0,79	5,35	4,47	1,47	1,81	353,29	435,54	0,32
T4-58-B(8/4)	60	63	100	100	0,86	0,82	5,94	4,84	2,5	2,91	191,56	223,10	0,45

O comportamento à compressão de um tecido é um factor relevante para prevenção das úlceras de pressão. Considera-se um tecido ideal para alívio de pressão o que apresenta uma compressibilidade superior a 50% e uma recuperação completa da espessura após carga.

De acordo com a Tabela 20, verifica-se que, com exceção do tecido T1, os tecidos desenvolvidos apresentaram valores de compressibilidade adequados à aplicação, isto é, capazes de se conformarem ao corpo, reduzindo a pressão na interface.

O efeito da utilização de duas camadas na melhoria do comportamento à compressão é claro nos tecidos T2 e T3 produzidos com 58 passagens/cm e tramas de enchimento de Ne 8/4 e 12/2 Ne, utilizando tensões na teia de 1450 ou 2100 N/m<sup>2</sup>. A amostra do tecido 3 - T3-58B(8/4)- foi a que apresentou o máximo valor médio de compressibilidade neste arranjo (70%).

Confirmou-se, à semelhança de outros autores [68], que a espessura é um dos principais fatores influenciadores da compressibilidade. Contudo, os resultados obtidos indicaram que a dimensão do padrão da superfície, num arranjo em duas camadas, também influencia a compressibilidade do conjunto, com os padrões de maior área a potenciarem a compressibilidade.

A capacidade de recuperação da espessura para os tecidos com tramas de enchimento de massa linear Ne 8/4, é de 100%, o que indica que esses tecidos possuem ótima resiliência, sendo um indicador da durabilidade funcional dos produtos de amortecimento, ideal para prevenção das úlceras de pressão.

Relativamente à rigidez ao corte (G) considera-se que valores mais elevados neste parâmetro em coberturas de suporte para alívio de pressão, podem ser desejáveis pois evitarão que o tecido deforme quando submetido a forças de corte [6]. As amostras de tecidos T1, T2, T3 e T4 produzidos com contextura à trama de 58 passagens/cm apresentaram valores mais elevados quando comparados com os tecidos com contextura à trama de 48 passagens/cm.

As propriedades de flexão de tecidos são fatores influenciadores do conforto sensorial. Nesta investigação pretendeu-se desenvolver tecidos com um módulo de flexão relativamente baixo, para melhor se adequar a substratos destinados à prevenção de úlceras de pressão. Os tecidos que apresentam módulos de rigidez à flexão mais baixos são os que foram produzidos

com 58 passagens/cm e com tramas de enchimento de massa linear Ne 8/4, utilizando tensão tensões na teia de 1450 ou 2100 N/m<sup>2</sup>, designadamente T2, T3 e T4.

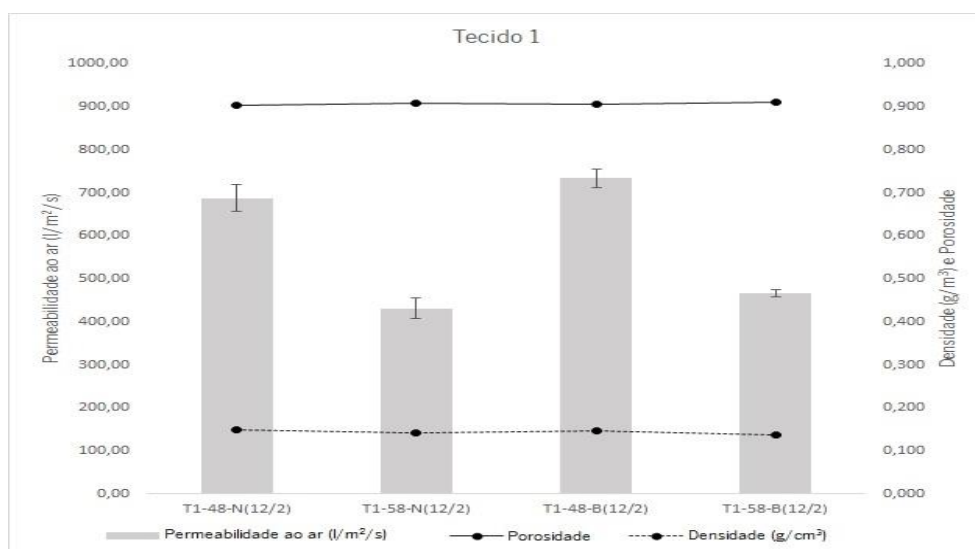
Relativamente ao coeficiente de atrito dos tecidos, para o objetivo de desta investigação, é desejável que este valor seja suficiente para evitar que o indivíduo deslize sobre a superfície de suporte, uma vez que o deslizamento favorece a geração de tensões de corte, aumentando consequentemente o risco de desenvolvimento de UP [47]. Os tecidos produzidos com 58 passagens/cm e com tramas de enchimento de massa linear Ne 8/4, utilizando tensão tensões na teia de 1450 ou 2100 N/m<sup>2</sup>, designadamente T2, T3 e T4, apresentaram valores mais elevados de coeficiente de atrito cinético.

### **4.3. Análise das propriedades dos tecidos associadas ao comportamento térmico**

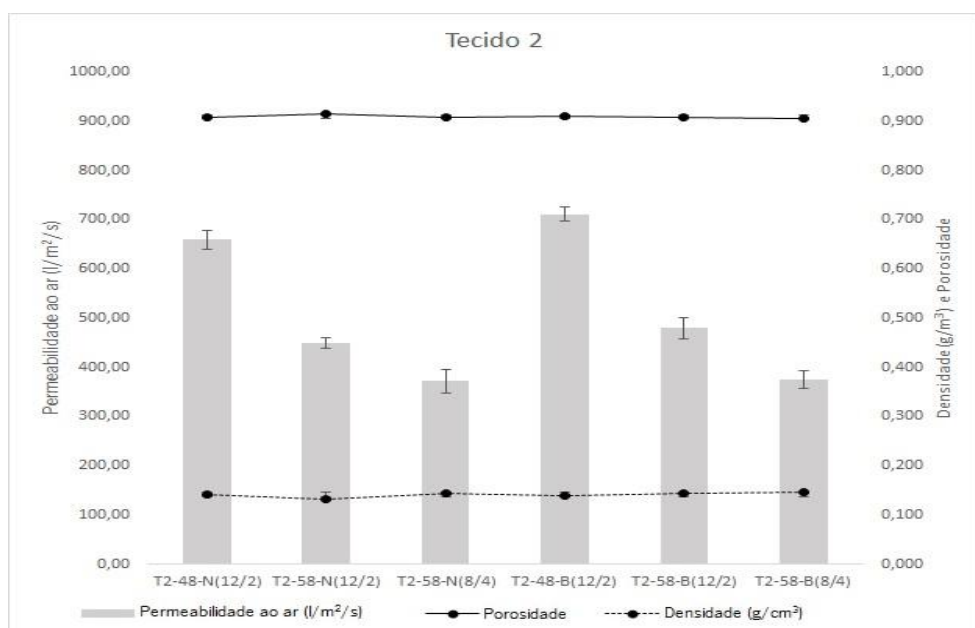
#### **4.3.1. Permeabilidade ao ar**

Esta propriedade está relacionada com o comportamento térmico das estruturas e é considerada uma medida da *respirabilidade* de um tecido. Em geral, tecidos com menor densidade apresentam uma maior permeabilidade ao ar [81].

A permeabilidade ao ar dos tecidos duplos desenvolvidos é apresentada nos Gráficos 26 a 29. A densidade dos tecidos (g/m<sup>3</sup>) e a sua porosidade (%) são também assinaladas.

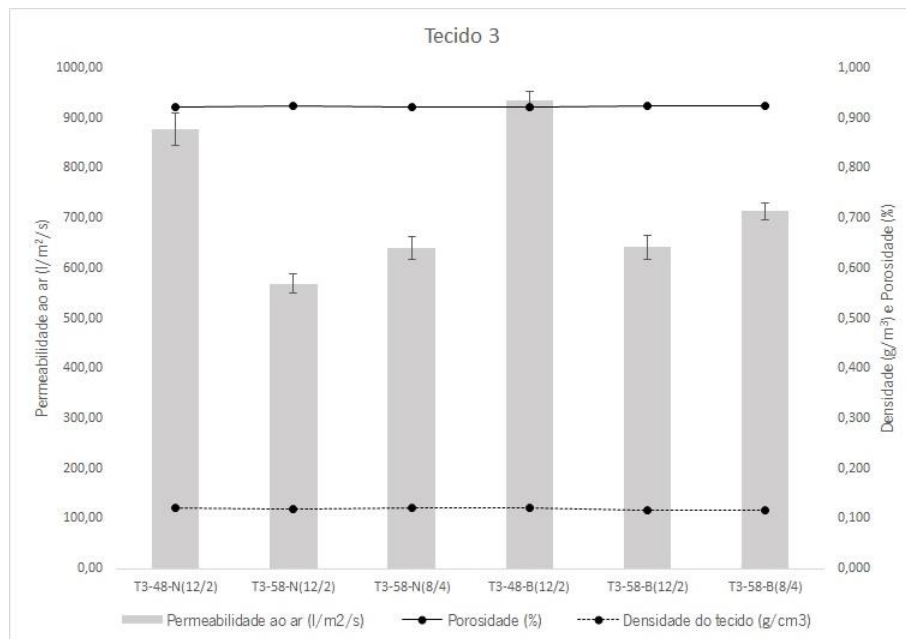


**Gráfico 26.** Permeabilidade ao ar ( $l/m^2/s$ ) – Tecido 1

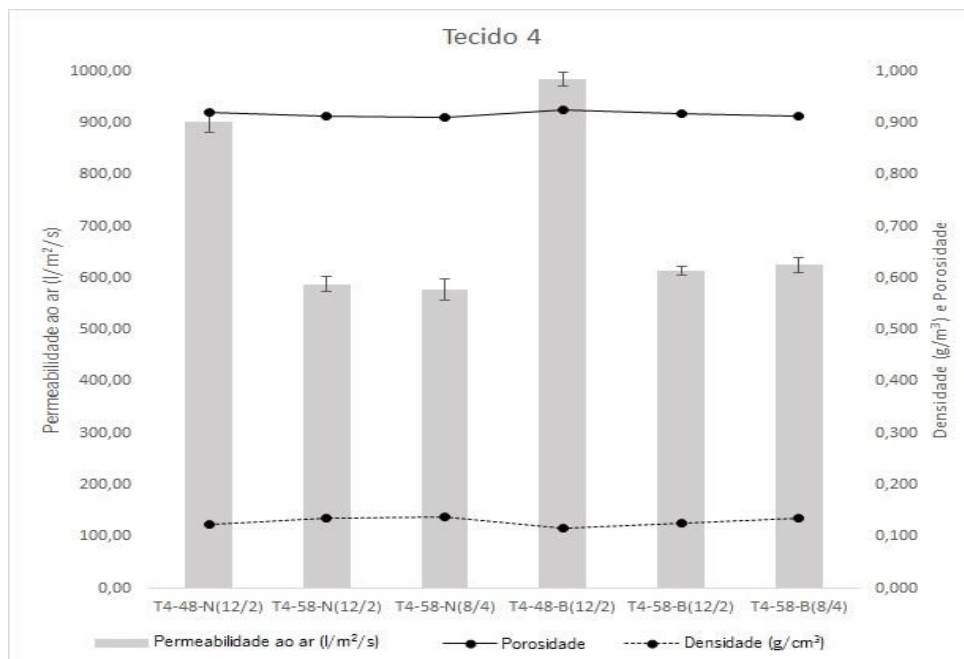


**Gráfico 27.** Permeabilidade ao ar média ( $l/m^2/s$ ) – Tecido 2





**Gráfico 28.** Permeabilidade ao ar média (l/m²/s) – Tecido 3



**Gráfico 29.** Permeabilidade ao ar média (l/m²/s) – Tecido 4

Observando estes gráficos verifica-se que a contextura afeta claramente a permeabilidade ao ar dos tecidos. Os tecidos com menor contextura à trama (48 passagens/cm) exibiram valores médios de permeabilidade ao ar significativamente superiores do que os tecidos com maior contextura à trama (58 passagens/cm). Este comportamento era esperado [58,77] e

deve-se principalmente ao aumento da resistência à passagem de ar, promovido pela maior cobertura dos tecidos.

Nos tecidos em que a massa linear das tramas de enchimento varia (T2, T3 e T4), era esperada uma redução na permeabilidade ao ar com o aumento da espessura do fio [82]. Os resultados mostram que as amostras dos tecidos T2 estão de acordo com esta tendência, mas as amostras dos tecidos T3 e T4 apresentam maior permeabilidade ao ar com tramas de enchimento mais grossas (8/4 Ne). O padrão da superfície, como factor de variação entre estes tecidos (T2- efeito xadrez; T3 e T4- efeito de riscas horizontais) é a principal causa deste comportamento.

Comparando as amostras de tecidos com padrão de superfície em efeito xadrez (T1 e T2) com as com efeito em riscas horizontais (T3 e T4) verifica-se que, para as mesmas contextura à trama e massa linear das tramas de enchimento, a permeabilidade ao ar dos tecidos T3 e T4 é mais elevada. Este comportamento pode ser explicado pela quantidade de pontos de ligação da estrutura. Nos tecidos 3 e 4 o número de pontos de ligação é menor, resultando em maiores flutuações das tramas de enchimento o que facilita a dispersão de ar no interior da estrutura.

Em geral, a densidade ( $\text{g/cm}^3$ ) dos tecidos T1 e T2 é superior à dos tecidos T3 e T4, o que significa que a compactidade das fibras e fios nos tecidos T1 e T2 é maior. Isso pode explicar a menor permeabilidade ao ar demonstrada por esses tecidos. A diminuição do espaçamento inter-fios das folhas de tecido superior e inferior (devido à maior densidade de trama) e o aumento da massa linear das tramas de enchimento, conduziu a uma diminuição da permeabilidade do ar dos tecidos.

Verifica-se ainda nos Gráficos 26 à 29, que a permeabilidade ao ar apresentaram comportamento similares quanto as tensões utilizadas ( $2100 \text{ N/m}^2$  e  $1450 \text{ N/m}^2$ ).

Todos os tecidos mostraram ser altamente porosos ( $> 90\%$ ), mas não existem diferenças de porosidade significativas entre eles.

De acordo com o resultado da análise da ANOVA descrito na Tabela 21, existe uma diferença significativa das estruturas dos tecidos sobre o resultado de permeabilidade ao ar dos tecidos 1, 2, 3 e 4.

**Tabela 21.** ANOVA. Permeabilidade ao ar - Tecido 1, 2, 3 e 4

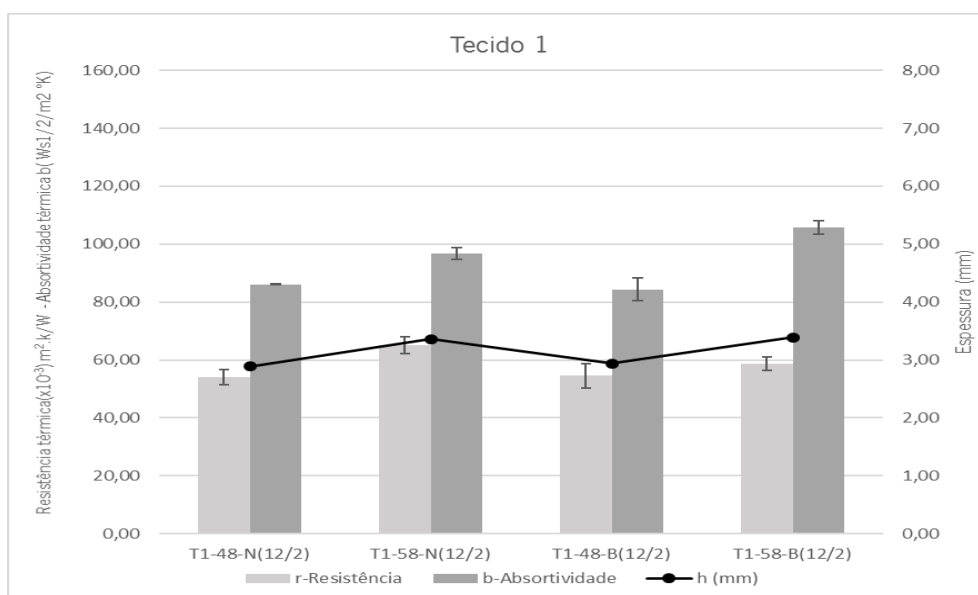
	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	6302947,927	21	300140,377	276,050
Nos grupos	215279,182	198	1087,269	
Total	6518227,109	219		

O padrão do tecido com menos interseções e flutuadores mais longos conferiu aos tecidos uma melhor capacidade de transferência de ar, o que levou a melhores propriedades de gestão de humidade. Os tecidos T3-48-B(12/2) e o tecido T4-48B(12/2), possuem os valores mais altos de permeabilidade ao ar. Estes tecidos parecem ser favoráveis para a ventilação e promovem maior *respirabilidade*. Estruturas de tecido com pouca permeabilidade ao ar, bloqueiam a penetração de ar do ambiente podendo provocar um aquecimento entre o corpo e a parte do tecido em contato com a pele e prejudicar a libertação de humidade e em consequência promover a formação de úlceras de pressão. De acordo com os autores Xu e Ge [68]; Oğlakcioğlu e Marmarali [77]; Snyckerski e Frontczak-wasiak [9] estruturas que criam um efeito de camada de ar, são melhores para o alívio de pressão e conforto térmico.

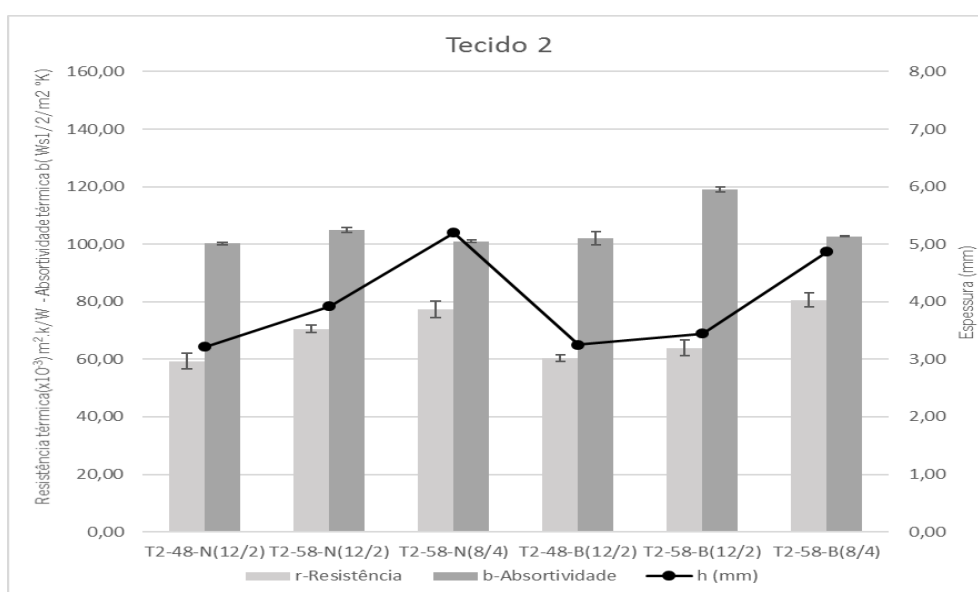
## 4.4. Propriedades térmicas

### 4.4.1. Resistência térmica

As características térmicas dos tecidos dependem principalmente do tipo de fibra e do ar aprisionado dentro do tecido. A espessura do tecido é um factor importante que afeta a transferência de calor [83]. Em tecidos multicamadas, quanto maior a distância entre as camadas, maior a resistência térmica do tecido. Nos Gráficos 30 a 34 é evidente que os valores de resistência térmica possuem um comportamento influenciado pela espessura.



**Gráfico 30.** Resistência térmica e absorvidade térmica- Tecido 1



**Gráfico 31.** Resistência térmica e absorvidade térmica- - Tecido 2

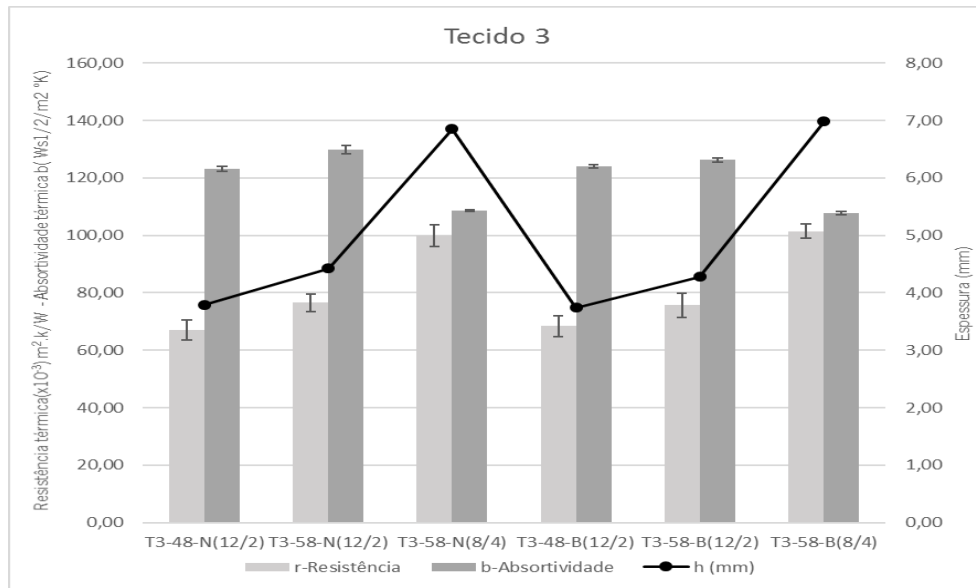


Gráfico 32. Resistência térmica e absorvidade térmica - Tecido 3

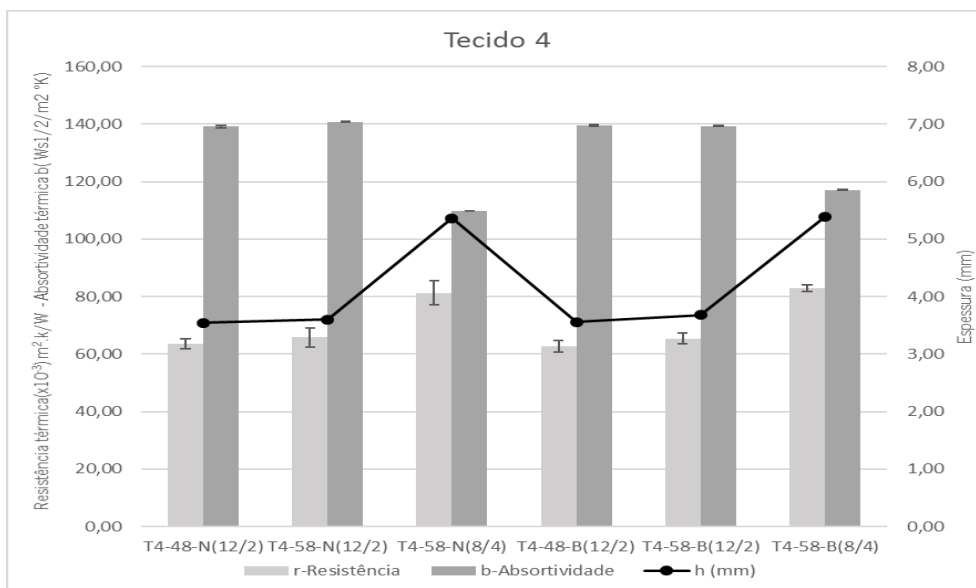
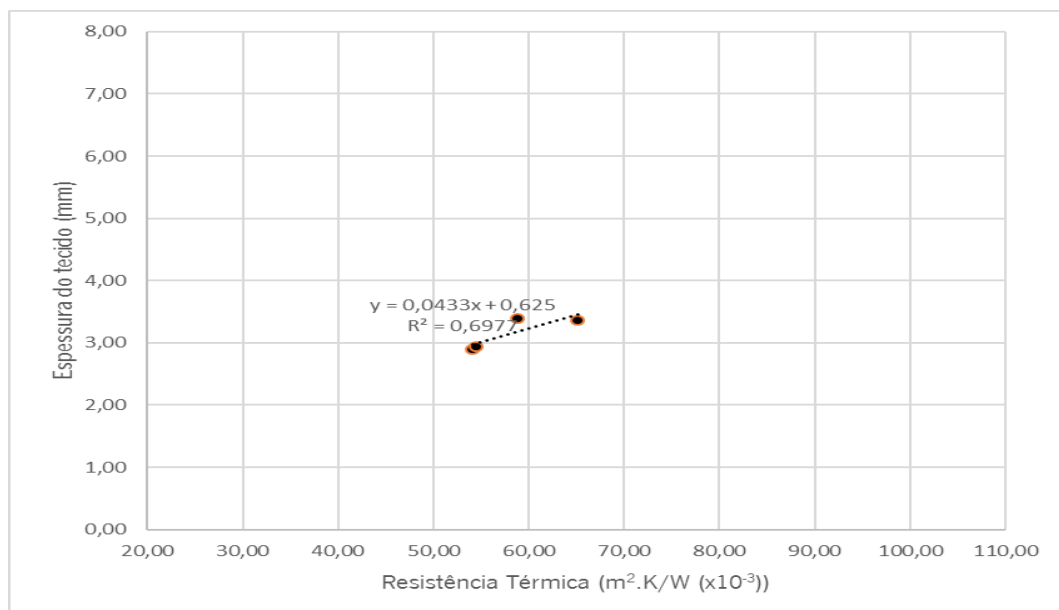


Gráfico 33. Resistência térmica e absorvidade térmica - Tecido 4

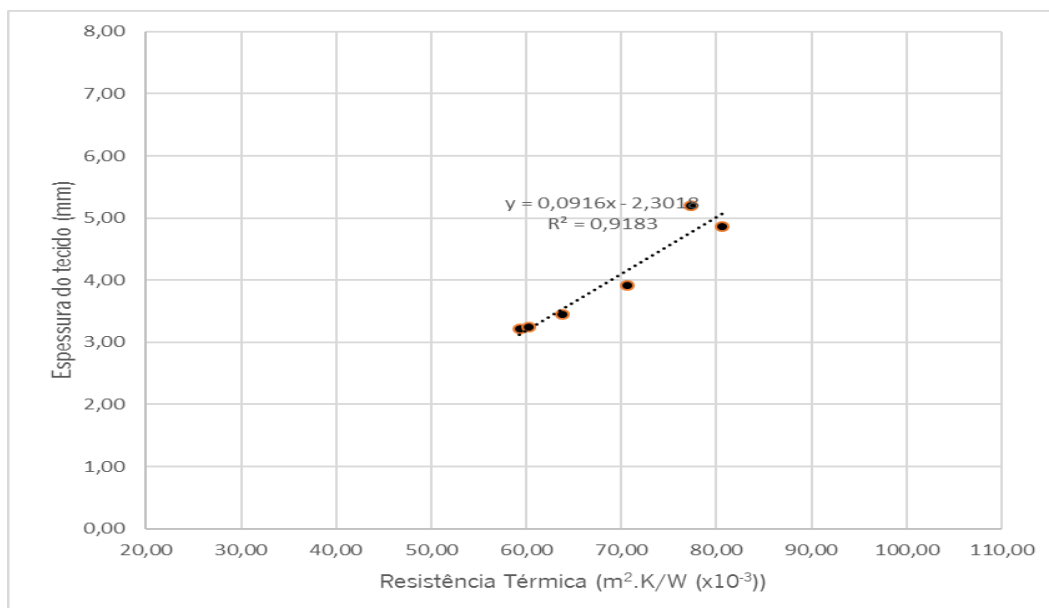
Como pode ser observado nos Gráficos 30 a 33, a resistência térmica é maior para os tecidos com maior espessura. Além disso, observa-se que os tecidos com maior contextura à trama (58) e maior número de tramas de enchimento (20,8) e tramas de enchimento de massa linear de Ne 8/4 apresentaram maior resistência térmica. Este comportamento pode ser atribuído, devido a estrutura volumosa e maior espessura dos tecidos com Ne 8/4 que dificulta a passagem do calor. Essa tendência está de acordo com outras pesquisas (Onofrei et al. [58]).

Quando observado os mesmos padrões de tecelagem, os tecidos 3 seguido dos tecidos 4, que possuem formato de riscas horizontais, apresentaram maiores valores de resistência térmica juntamente com as espessuras mais altas quando comparados aos tecidos 1 e 2 que possuem formato de quadrados (Gráficos 30 a 31).

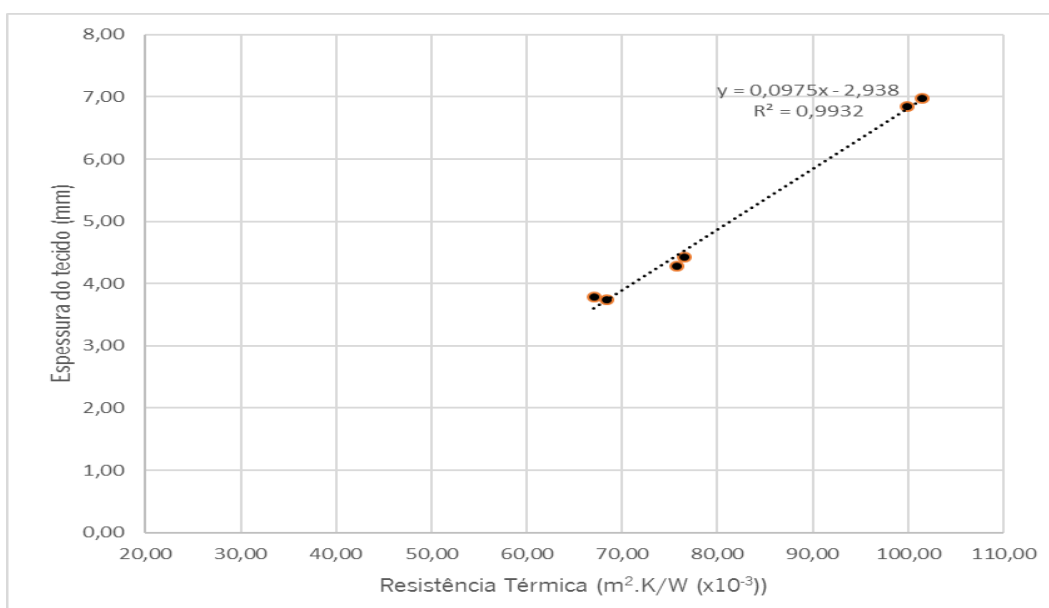
Nos Gráficos 34 à 37 é aparente a relação entre espessura do tecido e resistência térmica. Independentemente do padrão de tecido, a resistência térmica aumenta com a espessura do tecido.



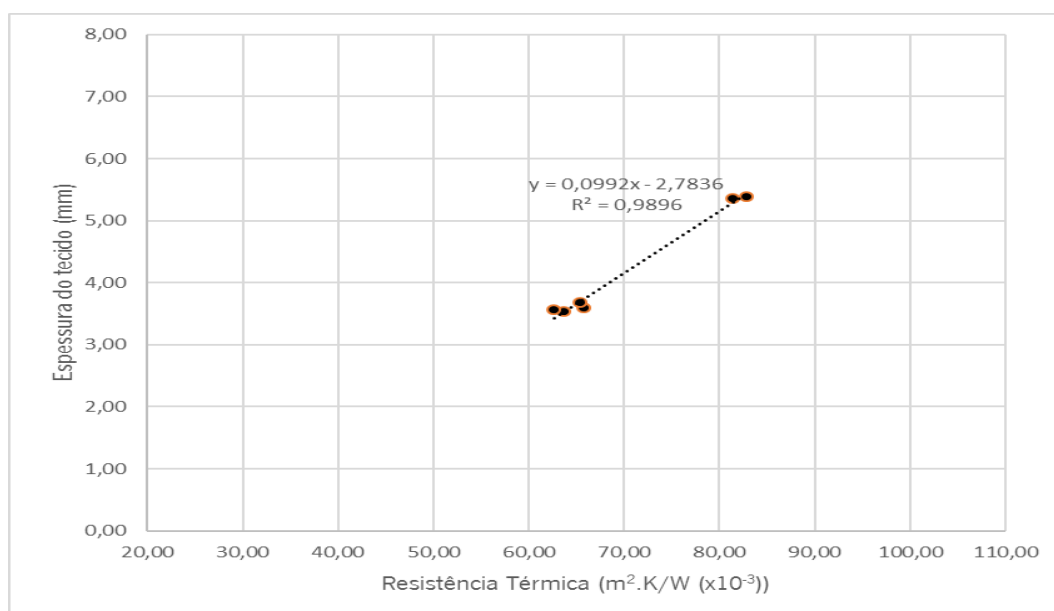
**Gráfico 34.** Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 1



**Gráfico 35.** Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 2



**Gráfico 36.** Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 3



**Gráfico 37.** Relação entre a resistência térmica do tecido e espessura - Tecido 4

De acordo com a análise ANOVA, descrita na Tabela 22, é possível verificar que existe diferenças significativas nos resultados da resistência térmica. A estatística F apresenta um valor de  $F(21,88) = 102,554$ , com uma significância de 0,000 e  $p < 0,01$ .

**Tabela 22.** ANOVA - Resistência térmica - Tecidos 1, 2, 3 e 4

	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	17223,730	21	820,178	102,554
Nos grupos	703,784	88	7,998	
Total	17927,514	109		



#### 4.4.2. Absortividade térmica

O resultado do teste de absortividade térmica reflete o desempenho de um tecido em relação a sensação quente e frio no contato inicial com a pele. Quanto mais alto esse valor maior a sensação de frescura. É possível visualizar os resultados da absortividade dos tecidos na Tabela 23.

**Tabela 23.** Absortividade térmica  $b(Ws^{1/2}/m^2K)$  - tecidos 1, 2, 3 e 4

Referência	T-48-N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido1	86,08±10,82	96,78± 4,02	-	84,40±13,93	105,76± 8,34	-
Tecido 2	104,24±11,36	104,86±6,00	100,94±4,48	102,06±5,87	119,08±4,69	102,04±11,11
Tecido 3	123,20±9,10	130,03± 14,02	108,56±14,22	124,07±5,08	126,20± 6,16	107,82±16,77
Tecido 4	139,20±5,60	140,80 ± 10,03	109,78±12,42	139,60±2,40	139,40±18,32	117,12± 13,84

Verifica-se na Tabela 23 que os tecidos em formato de quadrados (T1 e T2) possuem os valores mais baixos da absortividade térmica quando comparados aos tecidos T3 e T4. Além disso, observa-se valores semelhantes para os tecidos com os mesmos debuxos.

Por forma a avaliar se existe diferenças significativas entre todos os tecidos, procedeu-se a análise ANOVA, de acordo com a Tabela 24 e constata-se que existe diferenças significativas do resultado de absortividade térmica dos tecidos, a estatística F apresenta um valor de  $F(21,88)=7,885$ , com uma significância de 0,000 e  $p<0,01$ .

**Tabela 24.** ANOVA - Absortividade térmica - tecidos 1, 2, 3 e 4

	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	30204,845	21	1438,326	7,885
Nos grupos	16052,804	88	182,418	
Total	46257,649	109		

As características das fibras exercem um papel importante no resultado da absorvidade térmica [58]. Nesta investigação todos os tecidos foram produzidos com fios de composição 100% algodão e constatou-se que em geral as diferenças construtivas dos tecidos não influenciaram significativamente o resultado da absorvidade térmica.

#### 4.4.3. Considerações finais sobre o comportamento térmico dos tecidos desenvolvidos

A Tabela 25, apresenta os valores médios das propriedades térmicas dos tecidos desenvolvidos.

**Tabela 25.** Propriedades térmicas

Refª amostra	Resistência térmica (R) ( $\times 10^3 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ )					
	T-48-N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido 1	54,1	65,18		54,54	58,76	
Tecido 2	59,28	70,58	77,32	60,03	63,84	80,62
Tecido 3	67,06	76,56	99,86	68,43	75,72	101,48
Tecido 4	63,7	65,78	81,34	62,68	65,36	82,86
Refª amostra	Absorvidade térmica (B) ( $\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ )					
	T-48-N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido 1	86,08	96,78		84,40	105,76	
Tecido 2	100,24	104,86	100,94	102,06	119,34	102,74
Tecido 3	123,22	130,02	108,56	124,03	126,36	107,83
Tecido 4	139,20	140,56	109,78	139,04	139,50	117,12
Refª amostra	Permeabilidade ao ar ( $\text{l}/\text{m}^2/\text{s}$ )					
	T-48-N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido 1	688,1	431,2		733,9	467	
Tecido 2	659,7	449,3	372,2	711,4	479,3	374,9
Tecido 3	876,9	569,5	640,6	934,8	641,5	714,4
Tecido 4	903,2	588,5	578	985,5	613,7	625,2

Os tecidos dos substratos de suporte para prevenção de úlceras de pressão devem ser capazes de manter um microclima saudável em torno da pele. Para que isso ocorra é necessário que o tecido tenha uma baixa resistência térmica para não provocar aquecimento do corpo induzindo sudorese e resultando em desconforto do utilizador [6].

Os tecidos produzidos com contextura à trama de 48 passagens/cm, tramas de enchimento 12/2 Ne e tensões na teia de 1450 ou 2100 N/m<sup>2</sup> (T1, T2, T3 e T4) apresentaram valores mais baixos de resistência térmica dentre os tecidos desenvolvidos.

A permeabilidade ao ar dos tecidos está intimamente relacionada com as propriedades térmicas. Os tecidos com maior permeabilidade ao ar oferecem consequentemente menos resistência à passagem de calor. De entre os tecidos com resistência térmica mais baixa, as amostras produzidas com tensão de teia de 1450 N/m<sup>2</sup>, designadamente T3-48-B(12/2) e T4-48B(12/2) são os que apresentaram valores mais altos de permeabilidade ao ar.

Relativamente à absorvidade térmica, sendo uma propriedade de superfície relacionada com a sensação quente-frio ao primeiro contacto do corpo com o tecido, depende essencialmente do tipo de fibra e da superfície do tecido. Pretendeu-se neste trabalho que os tecidos desenvolvidos proporcionassem um toque agradável, que se deverá situar, quando avaliado no estado seco, entre 100-150 Ws<sup>1/2</sup>/m<sup>2</sup> °K [84]. Com a exceção das amostras do tecido 1, designadamente T1-48-B(12/2) e T1-48-N(12/2) que apresentam valores de absorvidade mais baixos (toque mais quente), todas as restantes se situam neste intervalo.

## **4.5. Análise das propriedades de gestão de humidade**

### **4.5.1. Capacidade de dispersão e absorção de água**

O transporte de líquidos pelos tecidos foi avaliado recorrendo a métodos baseados na dispersão de água por capilaridade vertical e na absorção de uma determinada quantidade de água depositada por gravidade sobre a superfície dos tecidos.

Os Gráficos 38 a 41 mostram o comportamento dos tecidos de duplos desenvolvidos na dispersão a altura de molhagem (cm) e as taxas de dispersão (cm/min), nas direções da teia e da trama, durante o período de teste de 30 minutos.

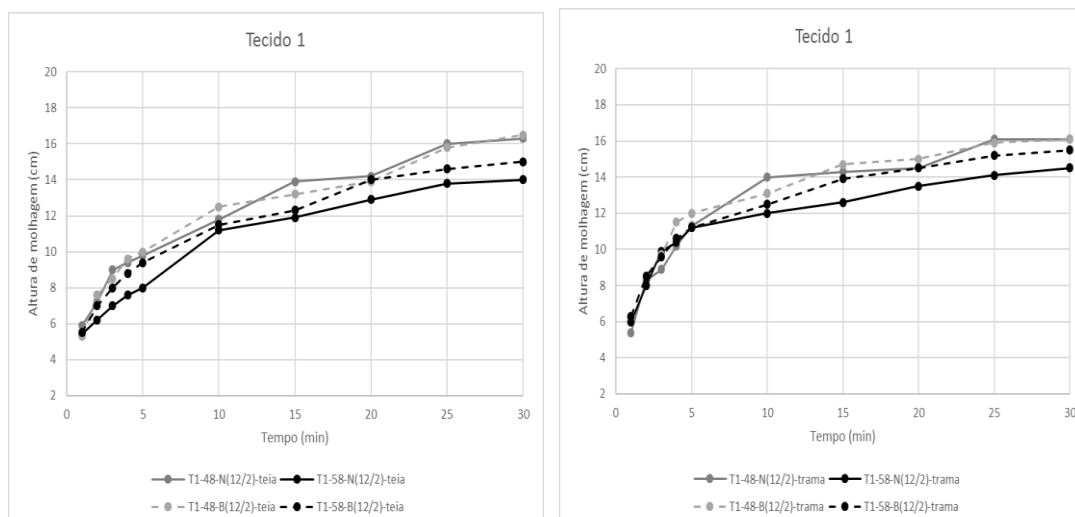


Gráfico 38. Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama – tecido 1

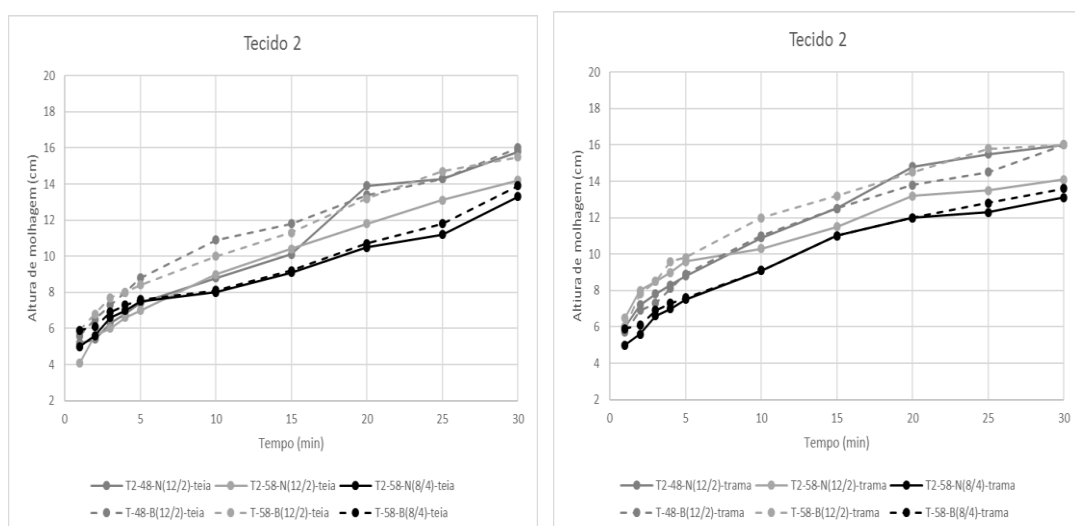
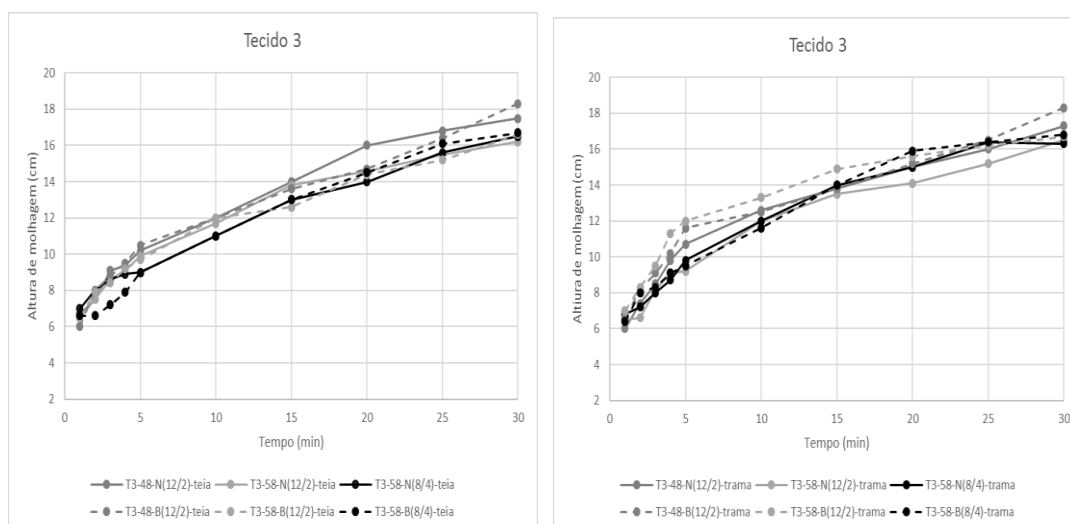
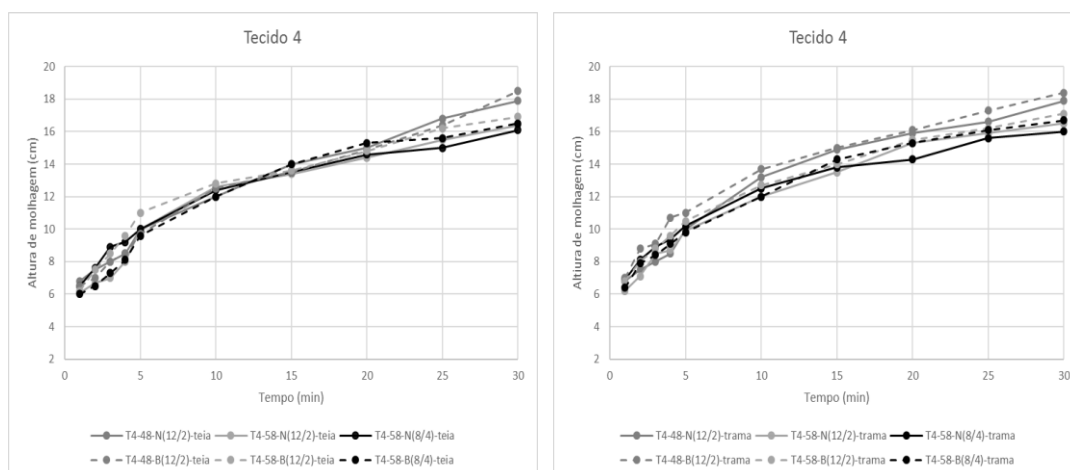


Gráfico 39. Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama - tecido 2



**Gráfico 40.** Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama - tecido 3



**Gráfico 41.** Dispersão vertical -Altura de molhagem: na direção da teia e na direção da trama - tecido 4

Como pode ser observado nos gráficos 38 a 41 o comportamento dos tecidos desenvolvidos no transporte de água por capilaridade é semelhante, com a água dispersando mais rapidamente nos primeiros minutos de molhagem e reduzindo com o tempo.

De acordo com os resultados obtidos, apresentados na Tabela 26, as amostras de tecido (T1, T2, T3 e T4) produzidas com 48 passagens/cm e tramas de enchimento 12/2 Ne, verifica-se que as amostras -T3-48-N(12/2), T3-48-B(12/2), T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2)- foram as que apresentaram alturas de molhagem mais elevadas, tanto na direção da teia, quanto na direção da trama. Isso se deve principalmente à arquitectura da estrutura destes tecidos. Com

menos interseções (ligações) e flutuações mais longas, facilitarem o movimento da água dentro da estrutura.

**Tabela 26.** Dispersão vertical- Altura de molhagem

Refª amostra	Altura de molhagem a 10 minutos (cm)		Altura de molhagem a 30 minutos (cm)	
	Teia	Trama	Teia	Trama
T1-48-N(12/2)	11,8	14	16,3	16,1
T1-58-N(12/2)	11,2	12	14	14,5
T1-48-B(12/2)	12,5	13,1	16,5	16,1
T1-58-B(12/2)	11,5	12,5	15	15,1
T2-48-N(12/2)	8,8	10,9	15,8	16
T2-58-N(12/2)	9	10,3	14,2	14,1
T2-58-N(8/4)	8	9,1	13,3	13,1
T2-48-B(12/2)	10,9	11	16	16
T2-58-B(12/2)	10	12	15,5	16
T2-58-B(8/4)	8,1	9,1	13,9	13,6
T3-48-N(12/2)	12	12,6	17,5	17,3
T3-58-N(12/2)	11,7	12	16,2	16,5
T3-58-N(8/4)	11	12	16,5	16,3
T3-48-B(12/2)	12	12,5	18,3	18,3
T3-58-B(12/2)	12	13,3	16,6	16,7
T3-58-B(8/4)	11	11,6	16,7	16,8
T4-48-N(12/2)	12	13,2	17,9	17,9
T4-58-N(12/2)	12,6	12	16,4	16,5
T4-58-N(8/4)	12,4	12,5	16,1	16
T4-48-B(12/2)	12,5	13,7	18,5	18,4
T4-58-B(12/2)	12,8	12,7	16,9	17,1
T4-58-B(8/4)	12	12	16,5	16,7

A redução da tensão na teia ( $1450 \text{ N/m}^2$ ) e do número de passagens por centímetro de 58 para 48, conduziu em todas as amostras de tecido (T1, T2, T3 e T4) a um aumento da capacidade de dispersão de água (maiores alturas de molhagem). As alturas máximas de molhagem após 30 minutos foram verificadas nas amostras T3-48-B(12/2) e T4-48-B(12/2), tanto na direção da teia, quanto na direção da trama. O efeito do aumento da massa linear dos fios de trama de enchimento (de 12/2 Ne para 8/4 Ne) na altura de molhagem não é significativo, como se verifica comparando as amostras dos tecidos T2, T3 e T4. Devido à estrutura do padrão, as amostras dos tecidos 3 e 4 apresentaram uma capacidade de dispersão superior.

A avaliação do tempo de absorção de uma gota de água e da área de molhagem é uma técnica bastante simples e os seus resultados dão uma ideia da facilidade de penetração e transporte de água através da espessura dos tecidos, fornecendo informações sobre o arranjo estrutural dos tecidos [76]. Nas Tabelas 27 e 28 são apresentados os valores médios do (s) tempo (s) de espalhamento e área molhada ( $\text{cm}^2$ ), respectivamente.

**Tabela 27.** Tempo de absorção - tecidos 1, 2, 3 e 4

Refª amostra	Tempo (s)					
	T-48N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido1	7,03±0,29	6,17±0,06	-	6,87±0,01	6,00±0,23	-
Tecido 2	7,02± 0,03	6,21 ± 0,21	5,62 ± 0,06	7,10±0,23	6,13±0,25	5,5±0,02
Tecido 3	5,40±0,06	5,03±0,10	5,00±0,03	5,36±0,06	5,03±0,06	4,91±0,01
Tecido 4	5,40±0,12	5,13±0,02	5,02±0,02	5,30±0,06	5,07±0,03	5±0,01

**Tabela 28.** Área molhada

Refª amostra	Area ( $\text{cm}^2$ )					
	T-48N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido 1	20,24±0,01	18,62±0,12	-	19,73±0,24	19,08±0,12	-
Tecido 2	18,76±0,01	18,73±0,02	14,85±0,05	19,72±0,04	19,43± 0,01	14,94±0,07
Tecido 3	23,47±0,01	22,20±0,01	21,92±0,01	22,51± 0,03	22,20±0,1	21,03±0,08
Tecido 4	21,12±0,02	21,03±0,04	19,77±0,05	22,1±0,04	22,03±0,05	20,13±0,18

Analisando estes resultados é possível verificar que um maior tempo de absorção e uma área molhada menor foi obtida em amostras de tecido T1 e T2. O padrão da superfície do tecido parece ser o principal factor influenciador, tendo dificultado a penetração da água através da espessura e retardado a sua propagação do tecido [85].

Verifica-se ainda que o tempo de absorção e área molhada foram menores para os tecidos com maior contextura à trama (58 passagens/cm) e tramas de enchimento com massa linear de Ne 8/4. Este comportamento era esperado e foi reportado noutros estudos [85].

As amostras T3-48-N(12/2), T3-48-B(12/2) e T4-48-N(12/2), T4-48-B(12/2) são as que apresentam um melhor comportamento à molhagem.

#### 4.5.2. Permeabilidade ao vapor de água

A passagem de vapor e umidade através dos tecidos depende em grande medida da sua estrutura. A dimensão e a quantidade de poros são os fatores determinantes da capacidade de transferência de vapor através das estruturas. Nas Tabelas 29 e 30 são apresentados o Índice (%) a Taxa de permeabilidade ao vapor de água (g/m<sup>2</sup>.dia) dos tecidos desenvolvidos.

**Tabela 29.** Permeabilidade ao vapor de água – Índice de Permeabilidade (IP)

Refª amostra	Índice de Permeabilidade (%)					
	T-48-N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido1	89,8±0,50	87,81±1,41	-	90,26±1,4	89,12±1,70	-
Tecido 2	89,01±1,42	88,07 ±0,86	82,83 ± 2,87	90,6±0,30	89,06±1,07	84,42±1,50
Tecido 3	97,3±1,20	93,03±1,66	94,81±1,25	97,76±0,09	94,2±1,10	94,95±0,62
Tecido 4	96,8±2,40	91,28±1,06	93,2±2,7	98,03±0,07	94,47±2,44	92,3±0,80



**Tabela 30.** Permeabilidade ao vapor de água (g/m<sup>2</sup>.day)

Refª amostra	Permeabilidade ao vapor de água (g/m <sup>2</sup> .day)					
	T-48-N(12/2)	T-58-N(12/2)	T-58-N(8/4)	T-48-B(12/2)	T-58-B(12/2)	T-58-B(8/4)
Tecido1	730,23±0,05	717,04±0,03	-	733,07±0,05	727,58,1±0,03	-
Tecido 2	676,98±00,5	585,32±0,02	663,17±0,03	689,06±0,07	591,85±0,02	676,55±0,04
Tecido 3	697,26±0,01	675±0,04	660,27±0,03	700,65±0,04	683,57±0,03	661,07±0,01
Tecido 4	716,36±0,04	634,32±0,00	695,72±0,04	741,39±0,04	648,75±0,02	688,5±0,02

Como se pode verificar, os tecidos T3 e T4 (amostras T3-48-N(12/2), T3-48-B(12/2), T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2) são os que apresentam os índices de permeabilidade ao vapor mais elevados. A maior porosidade destas estruturas, promovida pelo padrão, explica este fato.

Um aumento na contextura à trama (de 48 para 58 passagens/cm) conduziu em todas as amostras dos tecidos (T1, T2, T3 e T4) a uma redução no IP (%). A maior cobertura promovida pelo aumento do número fios de trama nos tecidos-base parece ser o principal motivo da redução do índice de permeabilidade ao vapor de água. Esta redução no índice é acompanhada por uma redução da taxa de permeabilidade (g/m<sup>2</sup>.dia).

O índice e a taxa de permeabilidade ao vapor de água foram mais elevados nos tecidos produzidos com tensão na teia mais baixa (1450 N/m<sup>2</sup>).

Pelos resultados obtidos, não é claro o efeito do aumento da espessura da trama de enchimento (de 12/2 Ne para 8/4 Ne) no comportamento à transferência de vapor e humidade.

A análise de variância realizada (Tabela 31), confirmou que as taxas de permeabilidade ao vapor de água diferiram significativamente entre os tecidos desenvolvidos.

**Tabela 31.** ANOVA - Permeabilidade ao vapor de água

	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Quadrado Médio	F
Entre Grupos	1058,705	21	50,415	21,816
Nos grupos	101,678	44	2,311	
Total	1160,383	65		

#### **4.5.3. Considerações finais sobre as propriedades de gestão de umidade dos tecidos desenvolvidos**

Na Tabela 33, são apresentados os valores médios das propriedades de gestão de umidade.

Tabela 32. Quadro-resumo-Propriedades de gestão de humidade

Refª amostra	Dispersão vertical Altura de molhagem (cm) a 10 minutos		Dispersão vertical Altura de molhagem (cm) a 30 minutos		Tempo de absorção (s)	Área molhada (cm²)	Permeabilidade ao vapor de água	
	Teia	Trama	Teia	Trama			Índice (%)	Taxa(g/m². dia)
T1-48-N(12/2)	11,8	14,22	16,33	16,15	7,03	20,24	89,81	730,23
T1-58-N(12/2)	11,2	12,32	14,03	14,54	6,17	18,62	87,81	717,04
T1-48-B(12/2)	12,5	13,41	16,51	16,13	6,87	19,73	90,16	733,07
T1-58-B(12/2)	11,5	12,45	15,04	15,15	6,00	19,08	89,10	727,58
T2-48-N(12/2)	8,80	10,29	15,83	16,04	7,00	18,76	89,01	676,98
T2-58-N(12/2)	9,12	10,13	14,24	14,14	6,00	18,73	88,07	585,32
T2-58-N(8/4)	8,02	9,11	13,35	13,17	5,60	14,85	82,77	663,17
T2-48-B(12/2)	10,9	11,03	16,45	16,23	7,10	19,72	90,60	689,06
T2-58-B(12/2)	10,02	12,00	15,50	16,24	6,13	19,40	89,06	591,85
T2-58-B(8/4)	8,10	9,12	13,99	13,64	5,50	14,99	84,44	676,55
T3-48-N(12/2)	12,00	12,62	17,58	17,34	5,40	23,47	97,28	697,26
T3-58-N(12/2)	11,70	12,02	16,26	16,54	5,03	22,20	93,03	675,00
T3-58-N(8/4)	11,00	12,00	16,57	16,33	5,00	21,92	94,84	660,27
T3-48-B(12/2)	12,02	12,50	18,39	18,32	5,36	22,51	97,76	700,65
T3-58-B(12/2)	12,09	13,30	16,69	16,76	5,03	22,00	94,21	683,57
T3-58-B(8/4)	11,01	11,60	16,78	16,86	4,91	21,00	94,95	661,07
T4-48-N(12/2)	12,03	13,20	17,90	17,9	5,40	21,10	96,77	716,36
T4-58-N(12/2)	12,62	12,00	16,44	16,5	5,13	21,00	91,28	634,32
T4-58-N(8/4)	12,43	12,50	16,14	16,5	5,02	19,77	93,22	695,72
T4-48-B(12/2)	12,51	13,70	18,51	18,4	5,30	22,10	98,03	741,39
T4-58-B(12/2)	12,82	12,70	16,97	17,17	5,07	21,00	94,47	648,75
T4-58-B(8/4)	12,02	12,00	16,50	16,74	5,00	20,13	92,25	688,50

Um tecido destinado a substratos de suporte para prevenção de úlceras de pressão deve permitir uma rápida passagem, absorção e dispersão da humidade no tecido proveniente de suor ou de urina para reduzir a probabilidade de formação das úlceras de pressão[6].

Um tecido com uma elevada altura de molhagem possibilitará uma rápida dispersão de líquidos do tecido. Quando essa altura é superior a 10 cm significa que tem um comportamento excelente [86].

Os tecidos T3-48-N(12/2), T3-48-B(12/2), T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2) foram os que apresentaram alturas de molhagem mais elevadas no final de 10 minutos e após 30 minutos, os tecidos T3-48-B(12/2) e T4-48-B(12/2). Relativamente à permeabilidade ao vapor de água os tecidos T3-48-N(12/2), T3-48-B(12/2), T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2) demonstraram melhor comportamento.

Um tecido com velocidade de absorção de líquidos (tempo de absorção) e área de molhagem elevadas favorece a manutenção de um microclima saudável ao redor da pele, minimizando a formação das úlceras de pressão. Os tecidos T3-48-N(12/2), T3-48-B(12/2) e T4-48-N(12/2), T4-48-B(12/2), apresentam resultados melhores quanto ao comportamento à molhagem.

#### **4.6.Avaliação da capacidade de distribuição de pressão dos tecidos**

O conhecimento das pressões desenvolvidas na interface substrato de suporte-corpo é essencial para estimar o risco de desenvolvimento de úlceras de pressão. A magnitude dessas pressões depende das propriedades da superfície de contacto, das características anatómicas dos indivíduos e da sua postura.

Neste subcapítulo são apresentados e analisados os resultados dos testes realizados com indivíduos, com o objetivo de: a) aferir quais as variáveis de construção dos tecidos desenvolvidos que mais contribuem para a redução de pressão na interface; b) avaliar o impacto do número de camadas de tecido (1 ou 2 camadas) nessa redução; c) identificar, de entre os tecidos desenvolvidos, quais as amostras e número de camadas que revelaram o melhor comportamento para serem utilizados como substratos de suporte para prevenção de úlceras de pressão.

### 4.6.1. Análise das pressões na interface -Voluntário 1

#### 4.6.1.1. Comportamento do Tecido 1

A Figura 12 ilustra um exemplo dos mapas de pressão corporal obtidos com o voluntário 1 sentado sobre uma camada das diferentes amostras do Tecido 1, durante 180 segundos. A média dos valores de pressão obtidos em cada um dos intervalos definidos é apresentada no Gráfico 42 para uma e duas camadas de tecido.

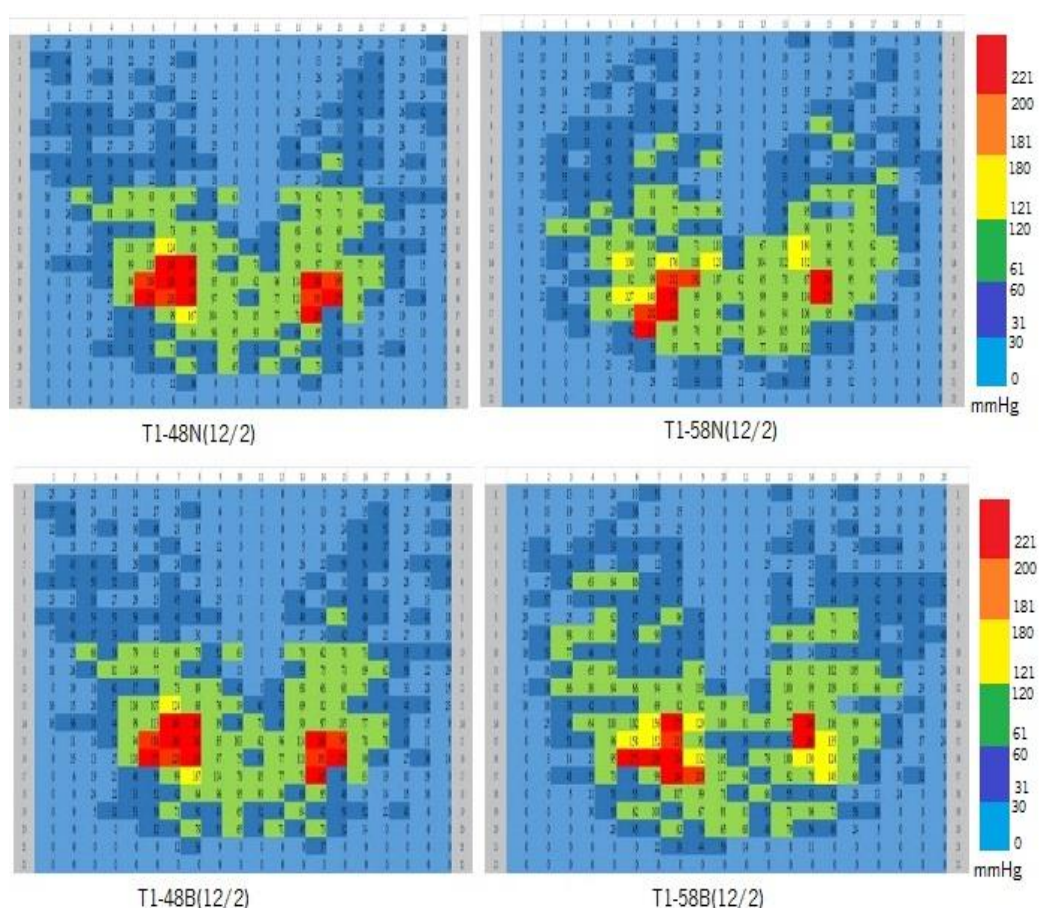
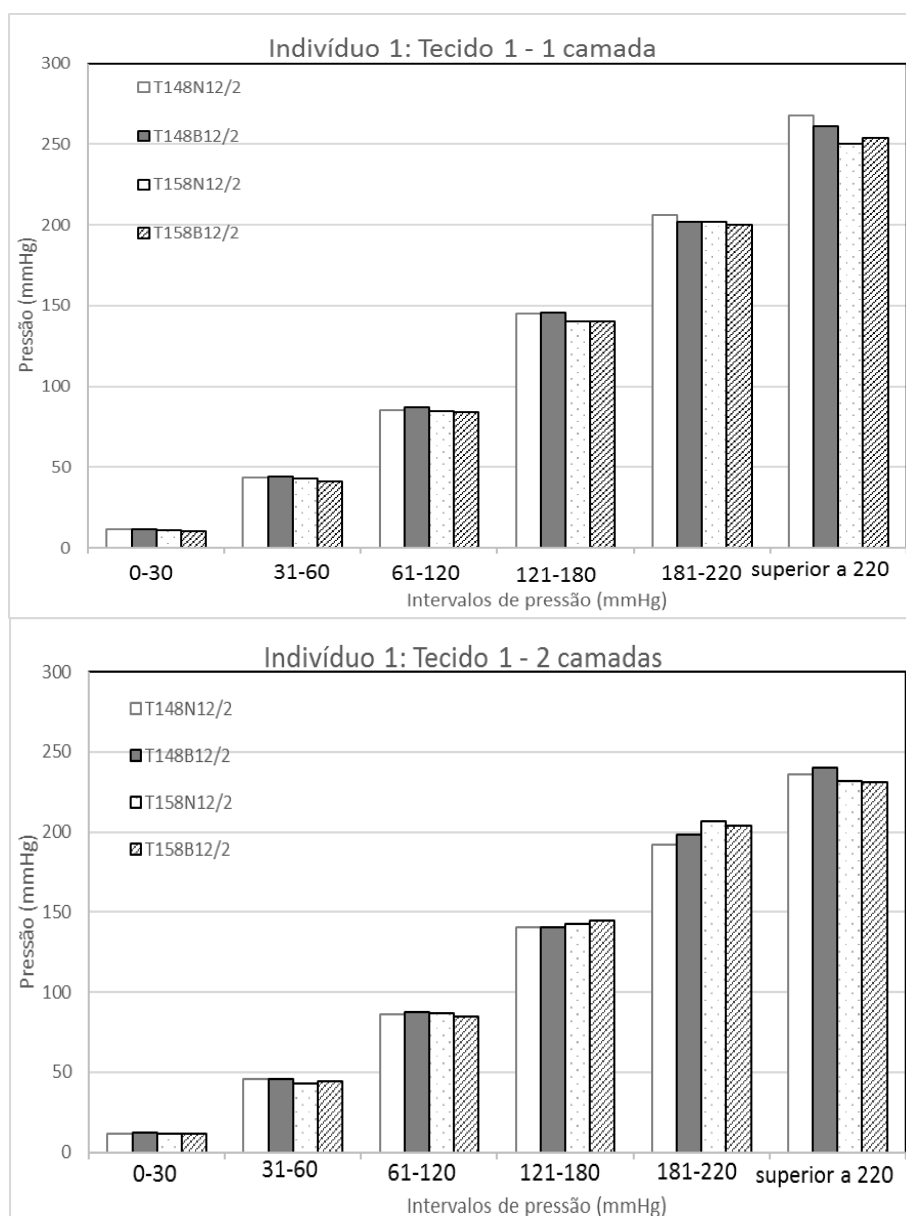


Figura 12. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 1



**Gráfico 42.** Média das pressões registadas em cada intervalo - Tecido 1 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1

Como pode ser observado no Gráfico 42 a média do valor das pressões obtidas nos diferentes intervalos com 1 ou 2 camadas de tecido são semelhantes para todas amostras apesar das diferenças construtivas existentes. Todas as amostras registaram valores de pressão situados no intervalo *superior a 220 mmHg*.

### 4.6.1.2. Comportamento do Tecido 2

A Figura 13 ilustra um mapa de pressão corporal obtido com o voluntário 1 sentado sobre uma camada das diferentes amostras do Tecido 2, durante 180 segundos. A média dos valores de pressão em cada um dos intervalos com uma e duas camadas, é apresentada no Gráfico 43.

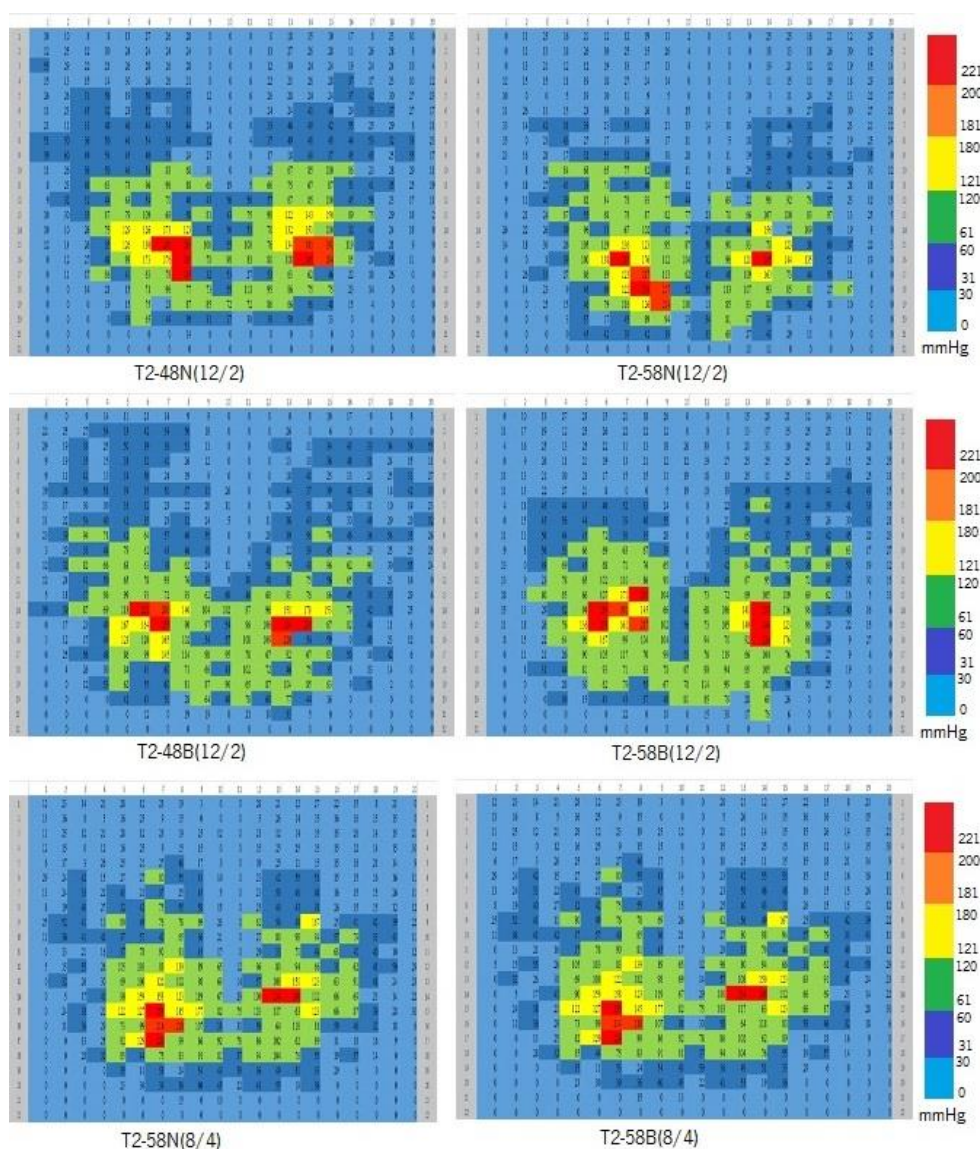
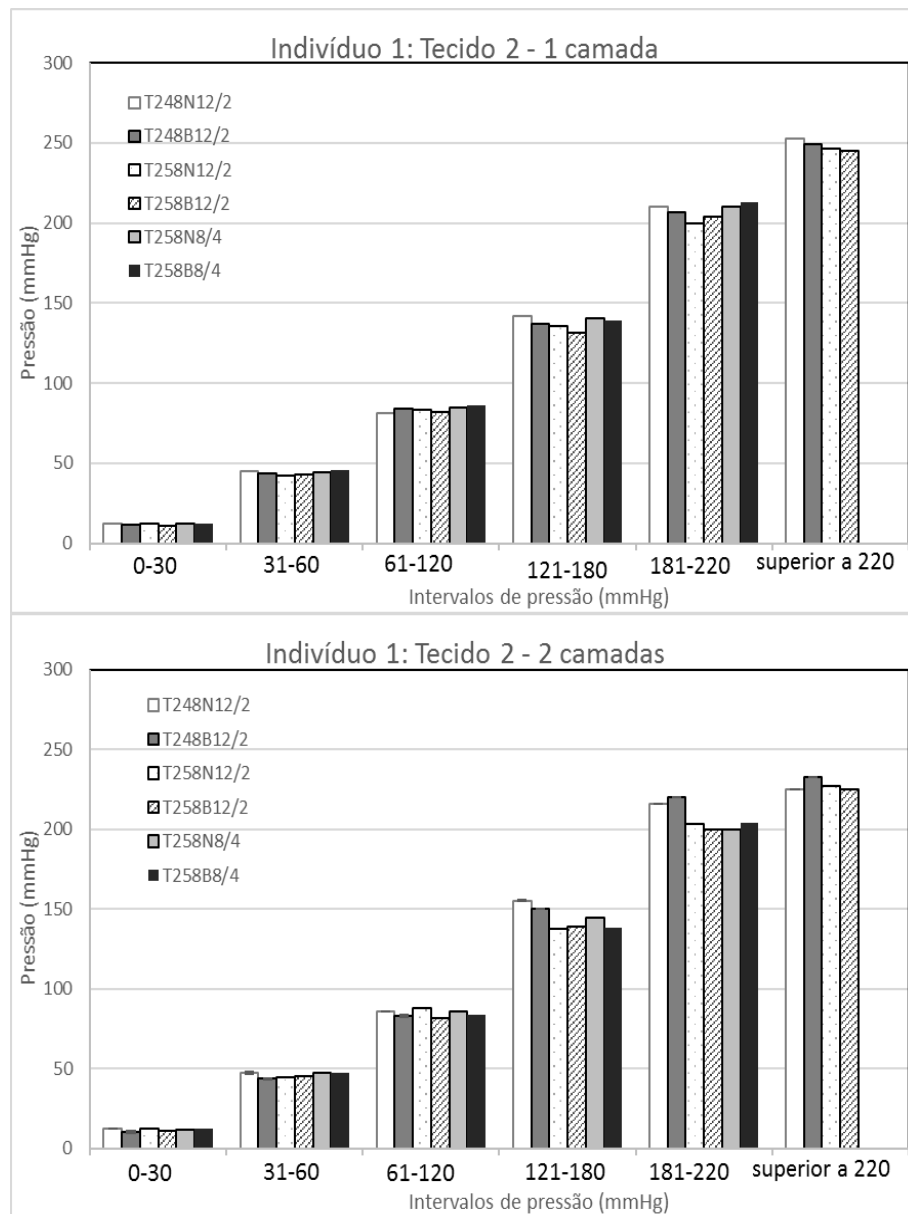


Figura 13. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 2



**Gráfico 43.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 2 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1

Analisando este gráfico, é possível verificar que o comportamento das amostras produzidas com as tramas de enchimento 8/4 Ne é distinto do das restantes amostras. Estas amostras (T2-58N(8/4) e T2-58B(8/4)) apresentam pressões máximas na interface situadas no intervalo *181-220 mmHg*, enquanto que as restantes amostras registaram valores máximos de pressão situados no intervalos *superior a 220 mmHg*.

O aumento do do número de camadas reduziu, em todas as amostras, os valores máximos de pressão registados.



### 4.6.1.3. Comportamento do Tecido 3

Um mapa de pressão corporal obtido com o voluntário 1 sentado sobre uma camada das diferentes amostras do Tecido 3 é ilustrado na Figura 14. Os valores médios das pressões obtidas em cada intervalo, com uma e duas camadas são apresentados no Gráfico 44.

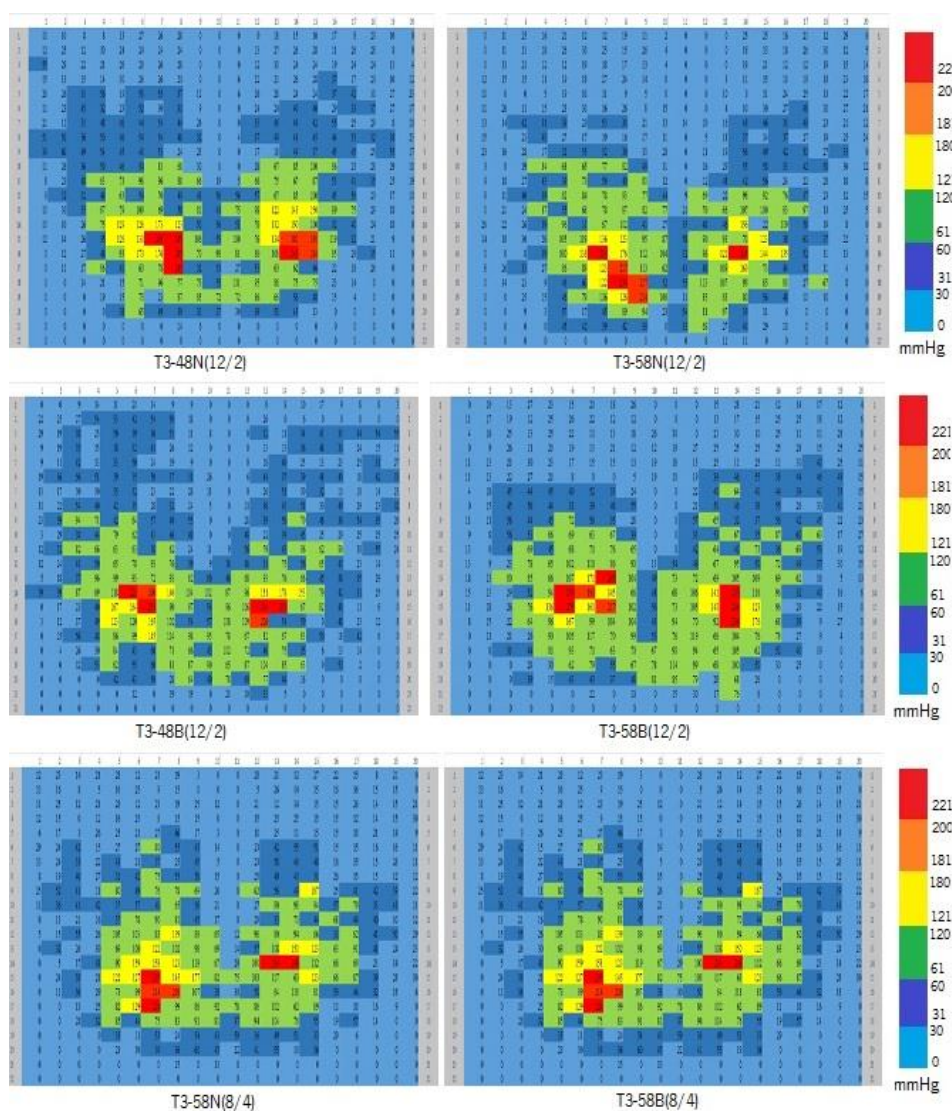
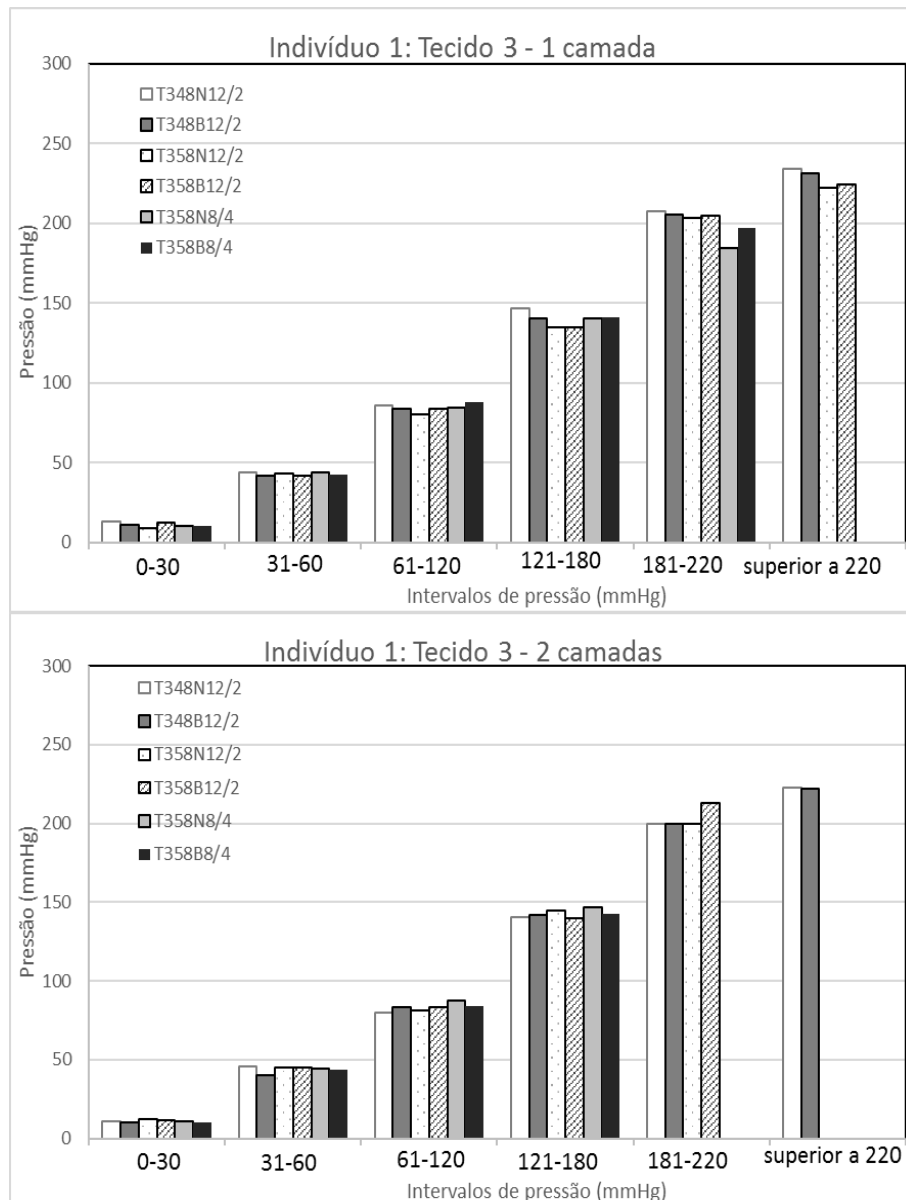


Figura 14. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 3



**Gráfico 44.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 3 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1

Observando este gráfico, é possível verificar que as amostras T3-58N(8/4) e T3-58B(8/4) são as que registraram valores máximos de pressão mais baixos nos testes com duas camadas, com estes valores a situarem-se no intervalo *121-180 mmHg*. Nos testes realizados com uma camada, as pressões máximas na interface, situam-se no intervalo *181- 220 mmHg*, à semelhança das amostras produzidas com 58 passagens/cm e tramas de enchimento 12/2 Ne. As amostras produzidas com menor textura à trama (48 passagens/cm) foram as que apresentaram valores máximos de pressão mais elevados, situados no intervalo *superior a 220 mmHg* em ambos os arranjos (1 e 2 camadas).

O aumento do número de camadas reduziu significativamente o valor máximo da pressão das amostras produzidas com tramas de enchimento 8/4 Ne, mas não afetou o comportamento das amostras produzidas com 48 passagens/cm.

#### 4.6.1.4. Comportamento do Tecido 4

A Figura 15 ilustra um mapa de pressão corporal do voluntário 1 sentado sobre uma camada das amostras do Tecido 4, durante 180 segundos. O Gráfico 45 apresenta os valores médios obtidos em cada intervalo com uma e duas camadas de tecido.

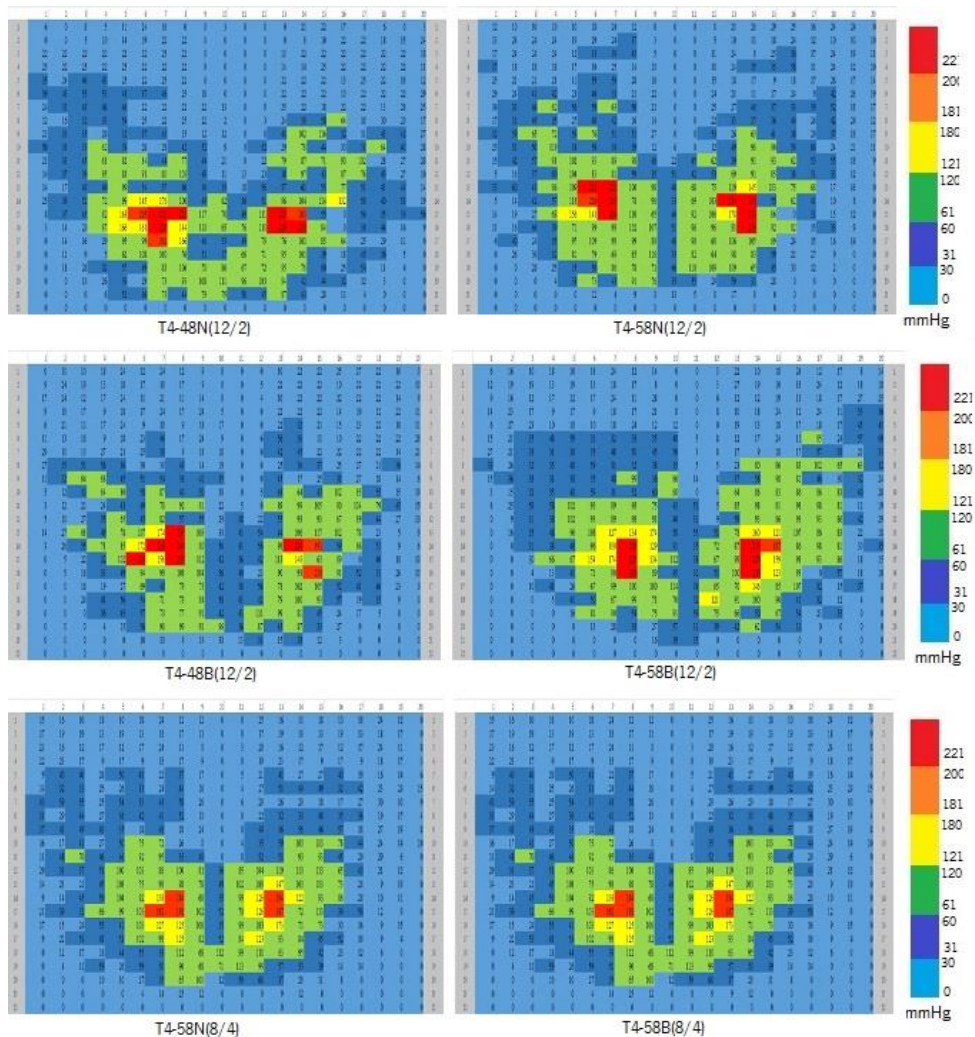
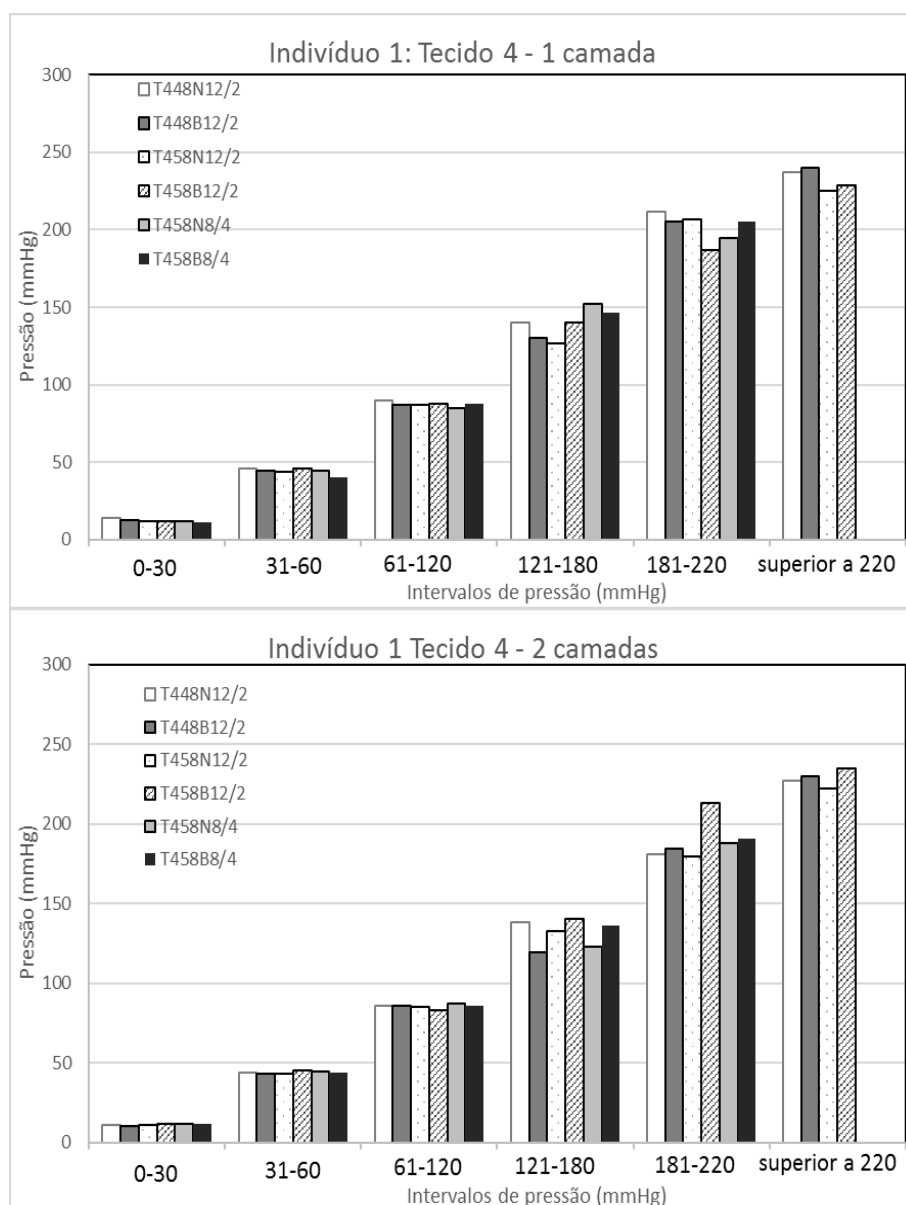


Figura 15. Mapa da pressão corporal –Voluntário 1- Tecido 4



**Gráfico 45.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 4 – 1 e 2 camadas - Voluntário 1

Analisando este gráfico, verifica-se que as amostras produzidas com tramas de enchimento Ne 8/4 apresentaram os valores máximos da pressão na interface mais baixos, situando-se no intervalo *181-220 mmHg* nos testes efectuados sobre uma ou duas camadas. As restantes amostras registaram valores situados no intervalo *superior a 220 mmHg* em ambos os arranjos (1 e 2 camadas).

O efeito do número de camadas não é significativo.



## 4.6.2. Análise das pressões na interface -Voluntário 2

### 4.6.2.1. Comportamento do Tecido 1

A Figura 16 ilustra o mapa de pressões obtido com voluntário 2 sentado sobre uma camada de tecido. O gráfico 46 apresenta os valores médios das pressões obtidas em cada intervalo, com uma e duas camadas de tecido.

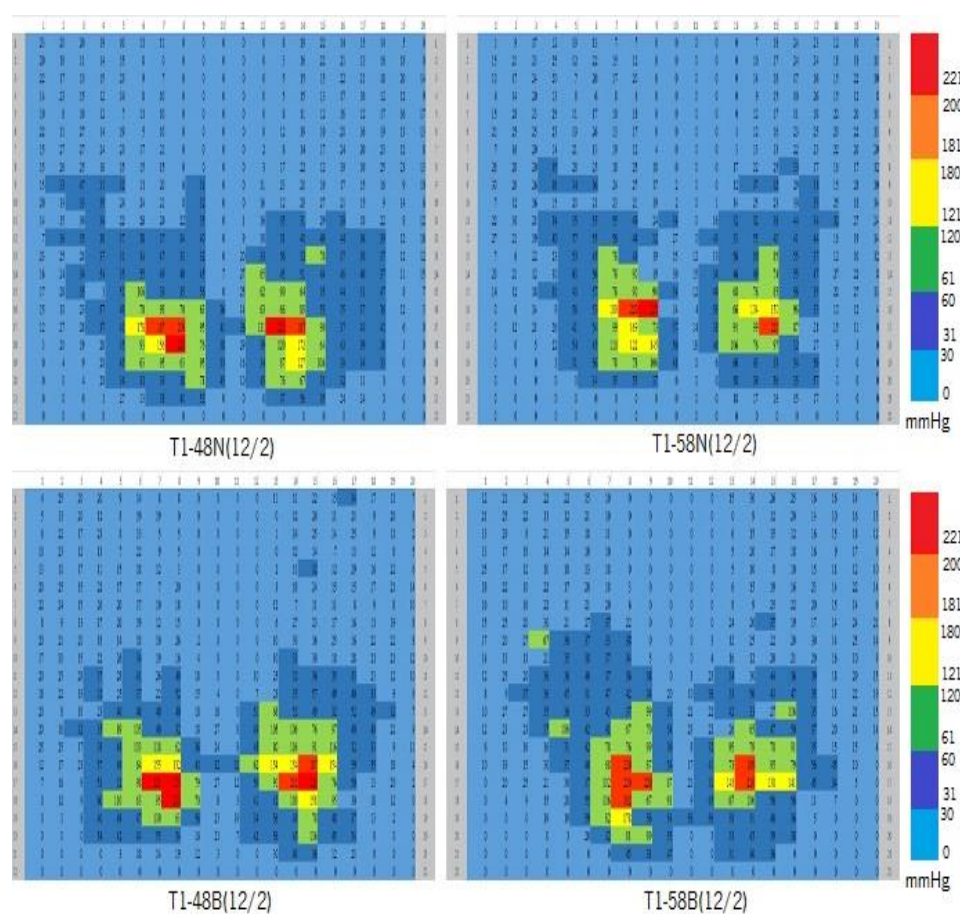
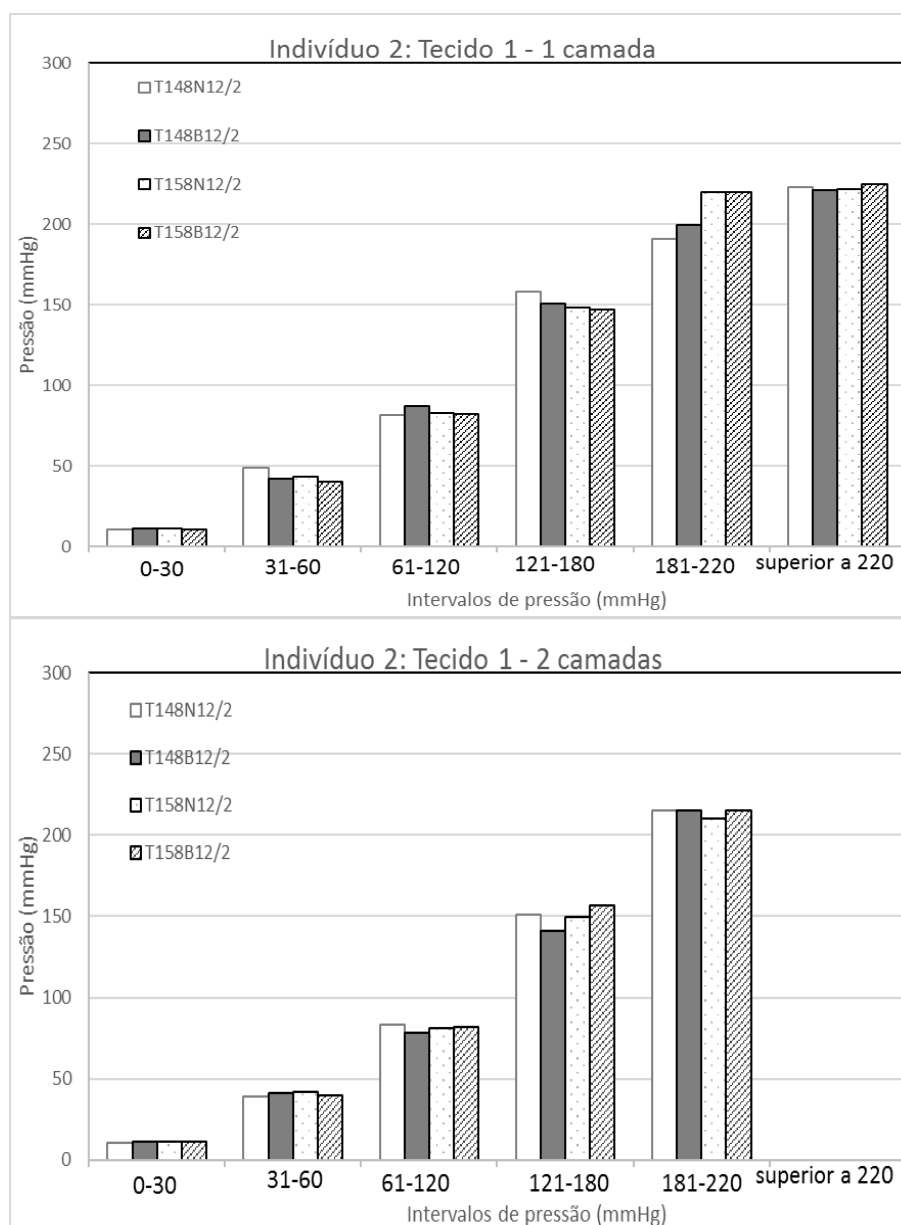


Figura 16. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 1



**Gráfico 46.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 1 – 1 e 2 camadas - Voluntário 2

Observando o gráfico, verifica-se que todas as amostras do Tecido 1 têm um comportamento similar, utilizando uma ou duas camadas como substrato de suporte.

Os valores máximos de pressão obtidos com uma camada situaram-se no intervalo *superior a 220 mmHg*. O arranjo em duas camadas promoveu uma redução das pressões na interface, passando os valores máximos, em todas as amostras, a situarem-se no intervalo *181-220 mmHg*.

#### 4.6.2.2. Comportamento do Tecido 2

A Figura 17 ilustra o mapa de pressões obtido com voluntário 2 sentado sobre uma camada de tecido. O gráfico 47 apresenta os valores médios das pressões obtidas em cada intervalo, com uma e duas camadas de tecido.

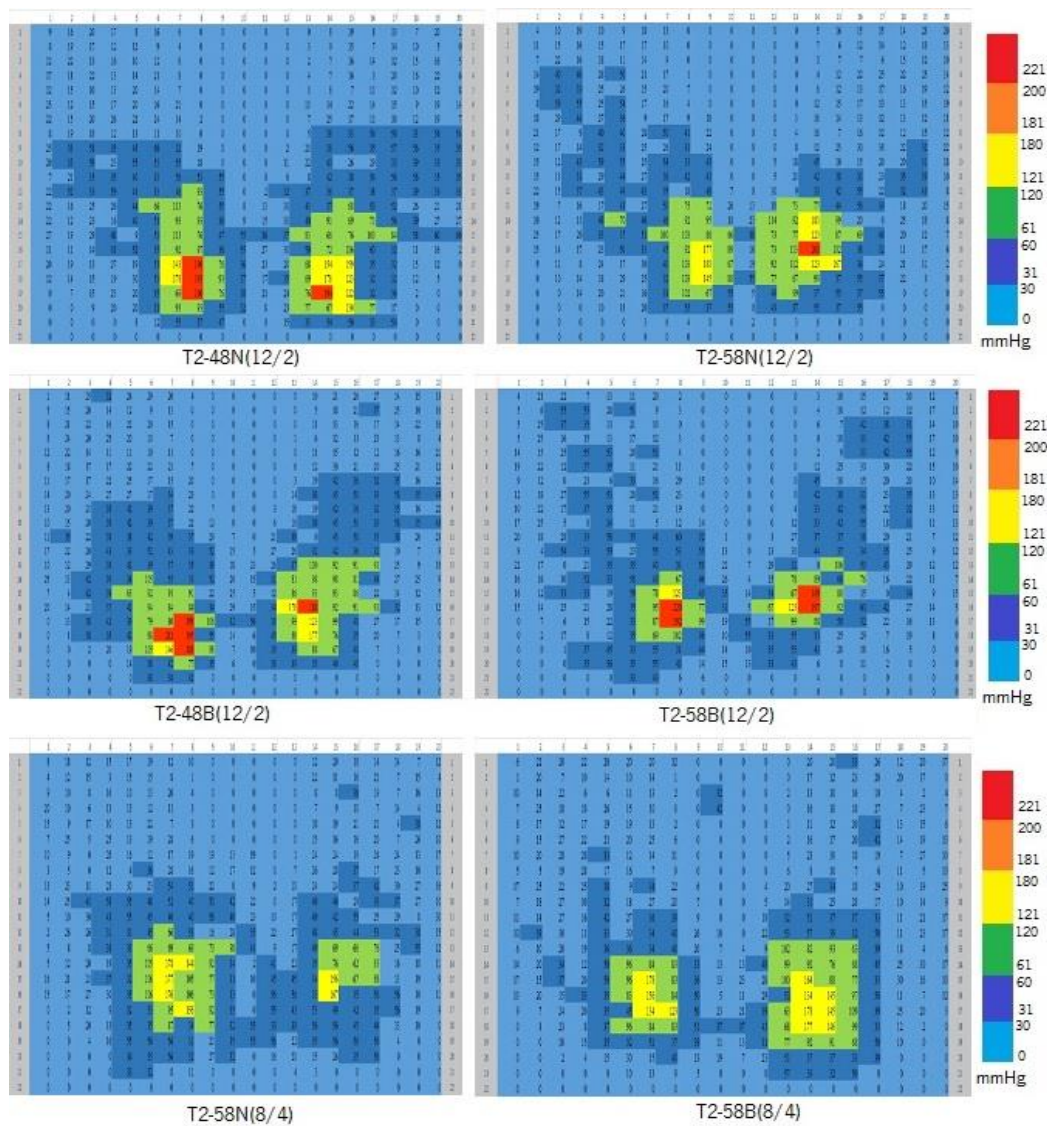
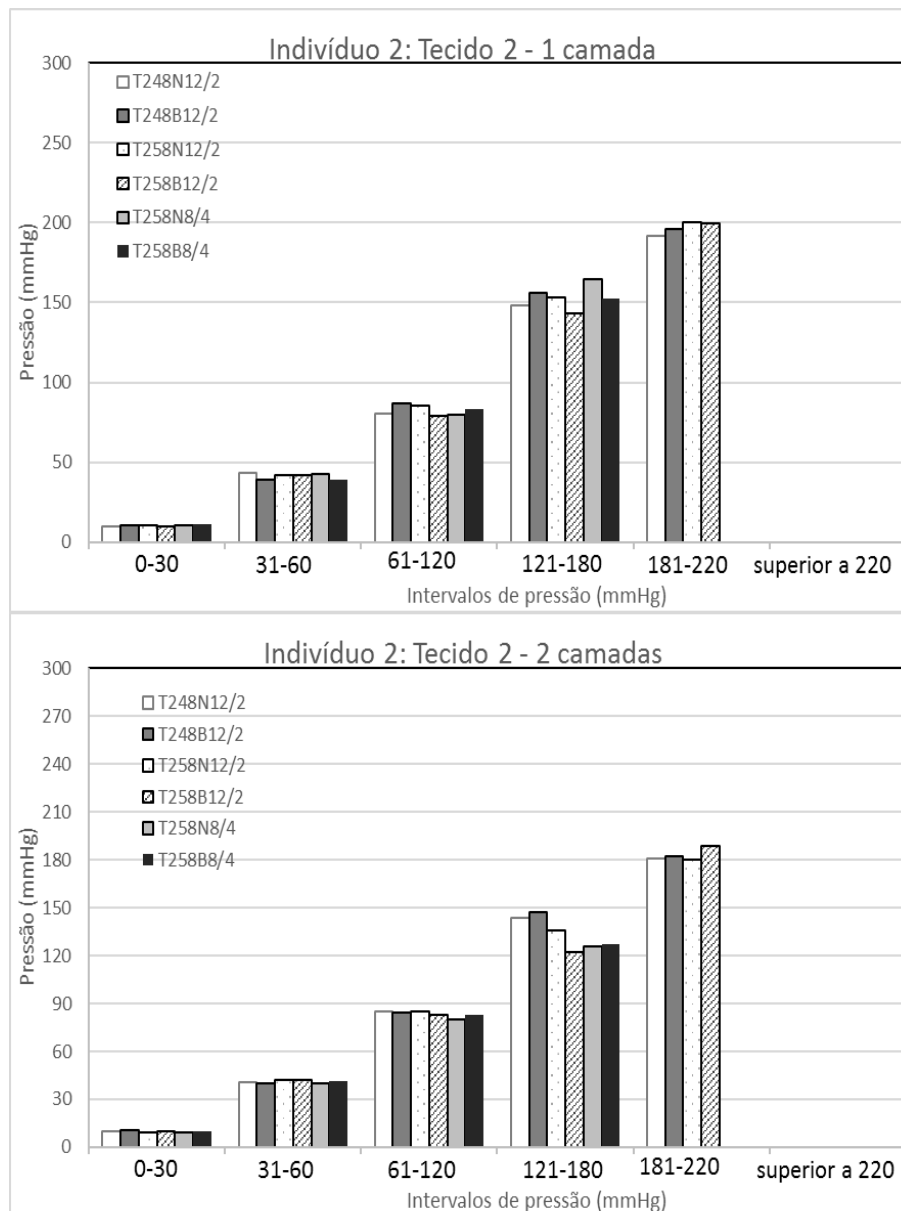


Figura 17. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 2



**Gráfico 47.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 2 – 1 e 2 camadas - Voluntário 2

Os resultados obtidos com tecido 2, representados no Gráfico 47, mostram que as amostras produzidas com tramas de enchimento 8/4 Ne foram as que registaram valores máximos de pressão mais baixos, situados no intervalo *121-180 mmHg* em ambos os arranjos (1 e 2 camadas). As restantes amostras apresentaram valores máximos de pressão no intervalo *181-220 mmHg* nos tetes com uma e duas camadas.

O aumento do número de camadas conduziu, em todas as amostras, a uma redução da pressão na interface.



### 4.6.2.3. Comportamento do Tecido 3

A Figura 18 ilustra o mapa de pressões obtido com voluntário 2 sentado sobre uma camada de tecido.

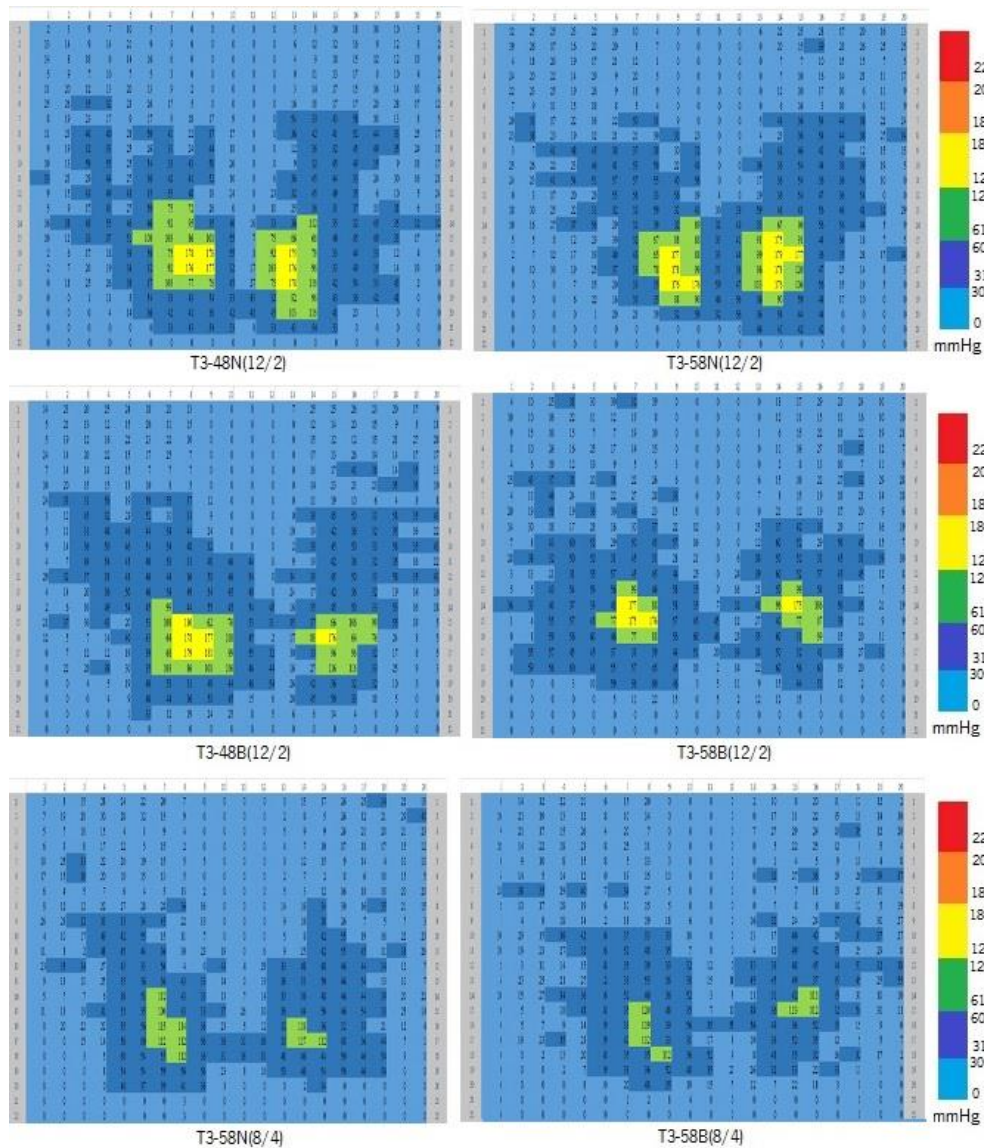
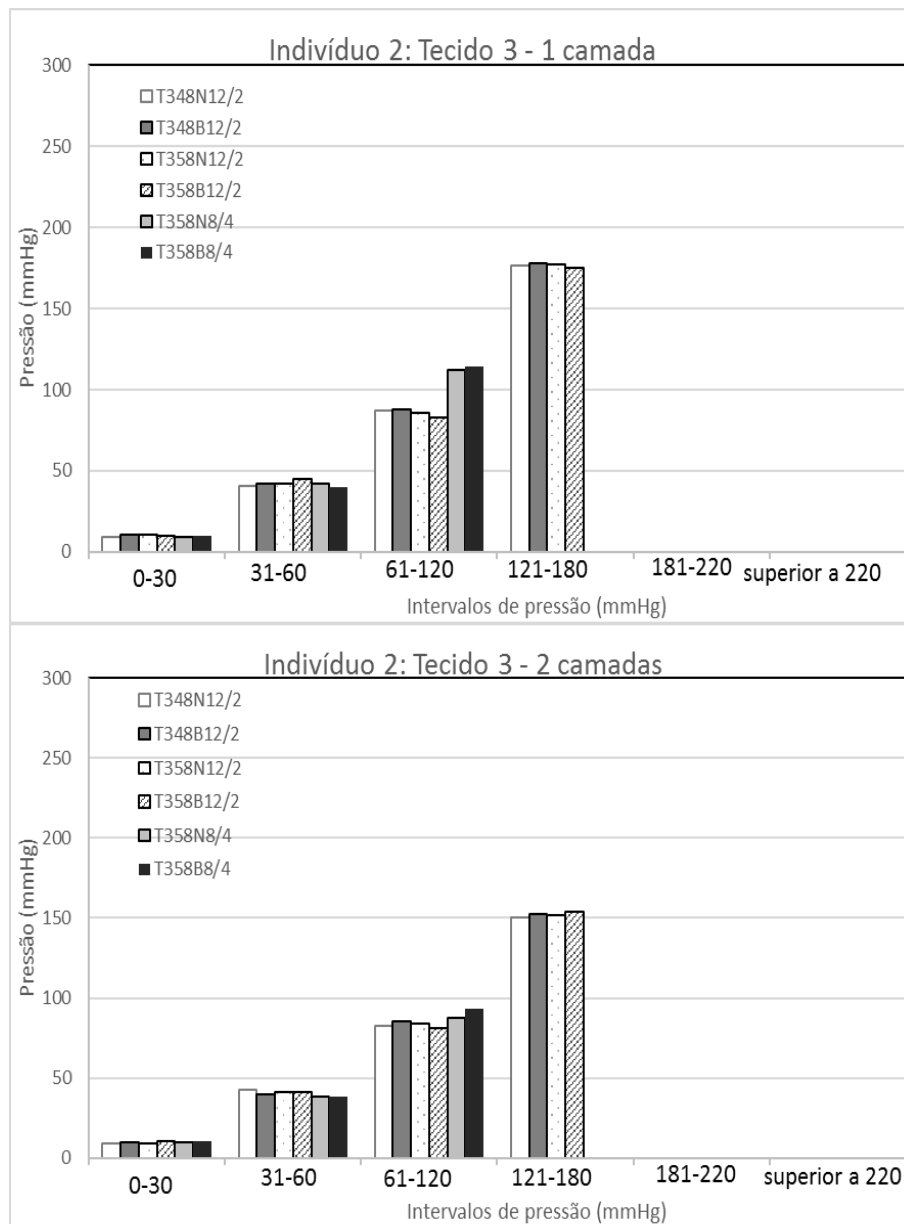


Figura 18. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 3

No Gráfico 48 estão representados os resultados obtidos nos testes com o Tecido 3.



**Gráfico 48.** Distribuição de pressão - Tecido 3 - 1 camada de tecido - Indivíduo 2

Como se pode verificar, o desempenho das amostras T3-58N(8/4) e T3-58B(8/4) é distinto das restantes, tendo os valores máximos da pressão na interface reduzido para o intervalo 61-120 mmHg, em ambos os arranjos. Nas restantes amostras os valores máximos de pressão, em ambos os arranjos estão situados no intervalo 121-180 mmHg.

#### 4.6.2.4. Comportamento do Tecido 4

As pressões registadas nos testes com o indivíduo 2, sentado sobre uma camada de de Tecido 4 podem ser visualizadas na Figura 19. No Gráfico 49 são apresentados os valores médios das pressões na interface para cada um dos intervalos, obtidos nos testes com uma e duas camadas de tecido.

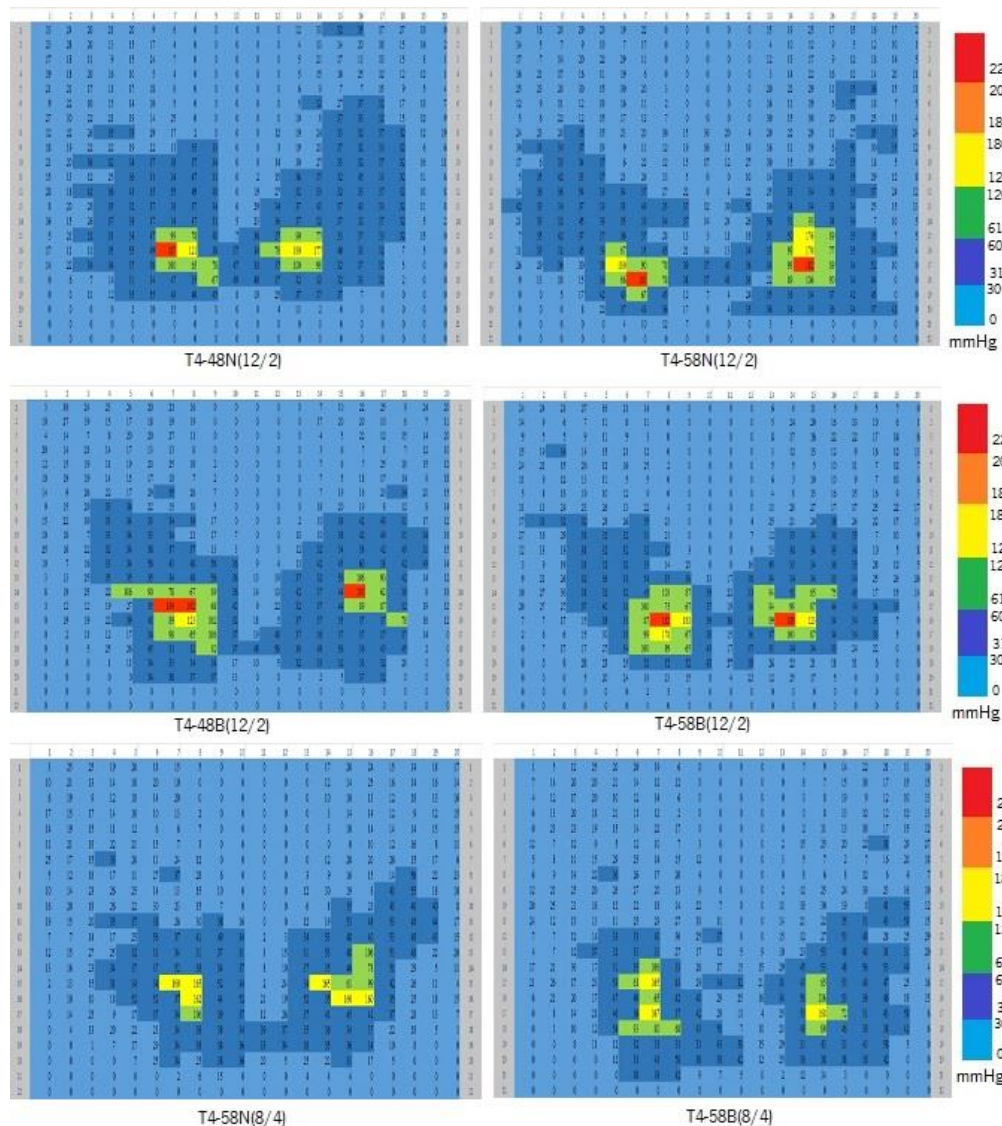
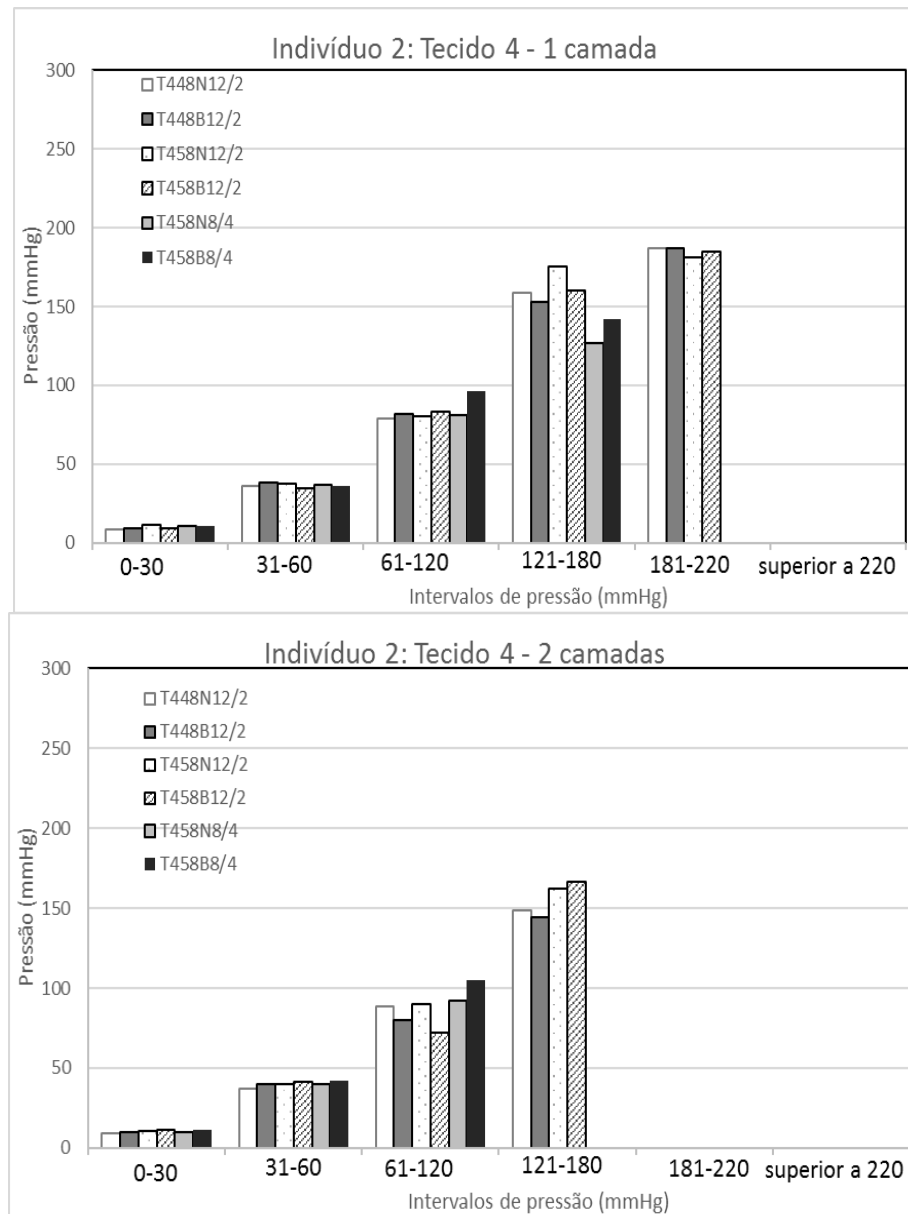


Figura 19. Mapa da pressão corporal –Voluntário 2- Tecido 4



**Gráfico 49.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 4 – 1 e 2 camadas - Voluntário 2

Neste caso, em todas as amostras o número de camadas influencia a redução das pressões na interface. As amostras produzidas com tramas de enchimento 12/2 Ne registaram, no arranjo com uma camada, valores máximos de pressão na interface situados no intervalo *181-220 mmHg*, reduzindo com duas camadas, para se situarem no intervalo *121-180 mmHg*. Nas amostras produzidas com tramas de enchimento 8/4 Ne (T4-58N(8/4) e T4-58B(8/4)), as pressões máximas registadas com uma camada situaram-se no intervalo *121-180 mmHg*, reduzindo como duas camadas para o intervalo *61-120 mmHg*.



### 4.6.3. Análise das pressões na interface -Voluntário 3

#### 4.6.3.1. Comportamento do Tecido 1

As pressões registadas nos testes com o indivíduo 3, sentado sobre uma camada das amostras do Tecido 1 ilustram-se na Figura 20. No Gráfico 50 são apresentados os valores médios das pressões na interface para cada um dos intervalos obtidos nos testes com uma e duas camadas de tecido.

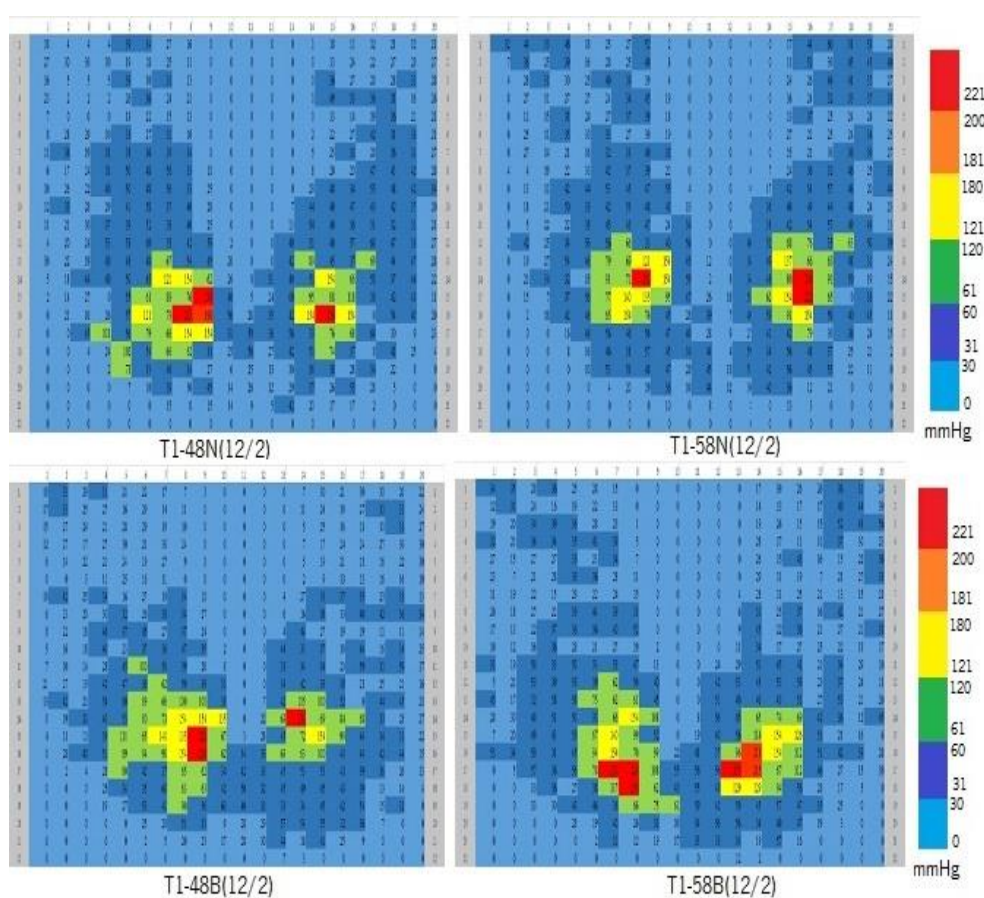
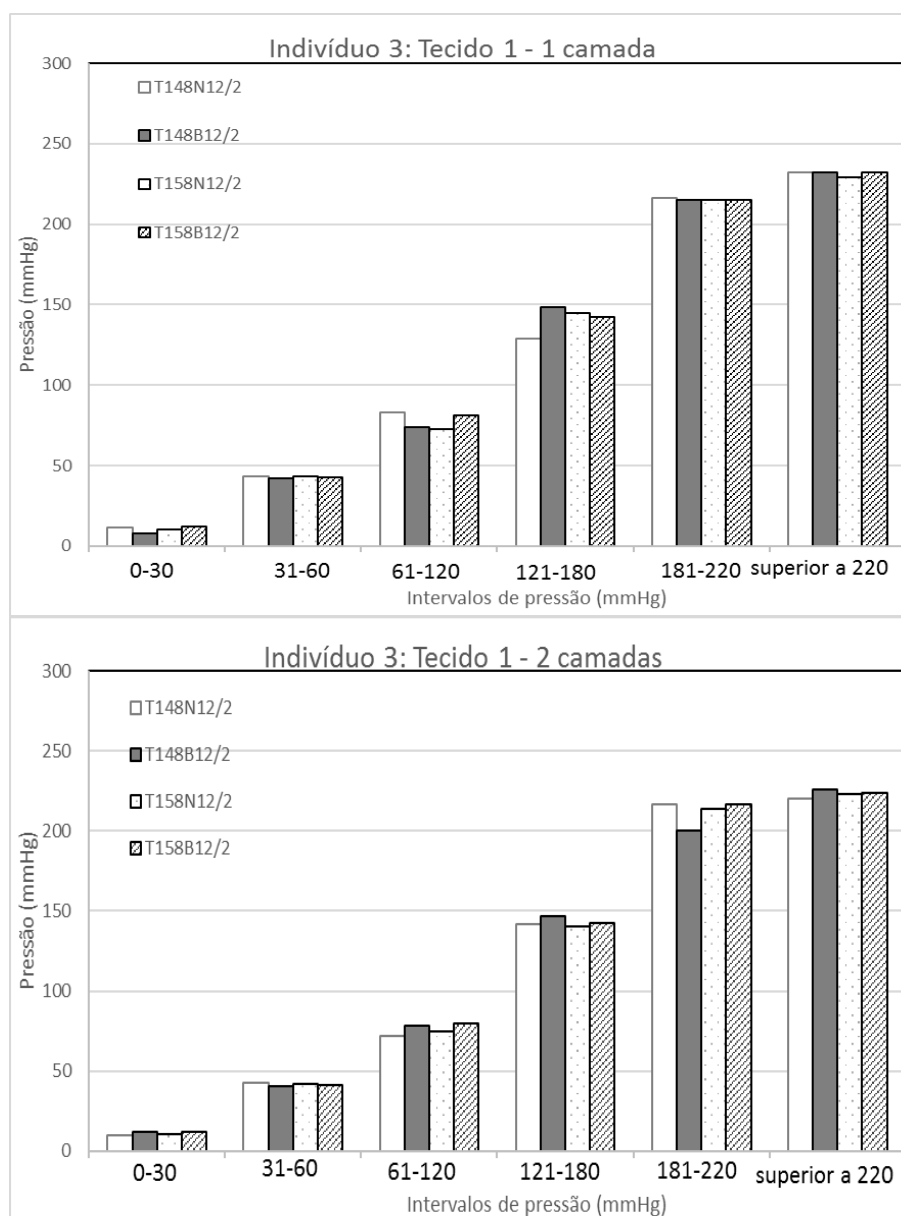


Figura 20. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 1



**Gráfico 50.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 1 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3

Como se pode verificar no Gráfico 50, todas as amostras tiveram um comportamento semelhante e não se observam alterações significativas nas pressões de interface com uma e duas camadas. Os valores máximos das pressões na interface a situarem-se no intervalo *superior a 220mm Hg*

### 4.6.3.2. Comportamento do Tecido 2

As pressões registadas nos testes com o indivíduo 3, sentado sobre uma camada das amostras do Tecido 2 ilustram-se na Figura 21. No Gráfico 51 são apresentados os valores médios das pressões na interface para cada um dos intervalos obtidos nos testes com uma e duas camadas de tecido.

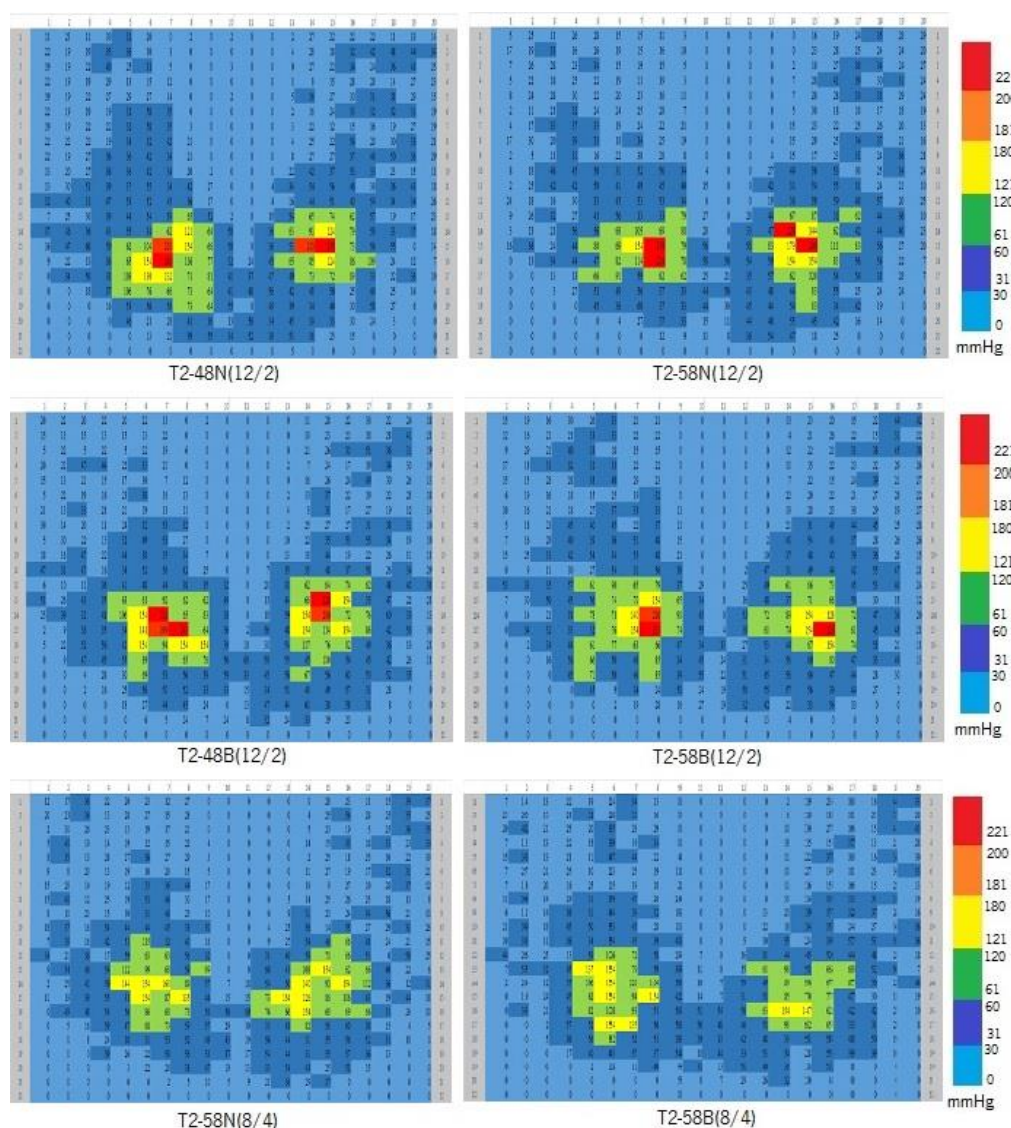
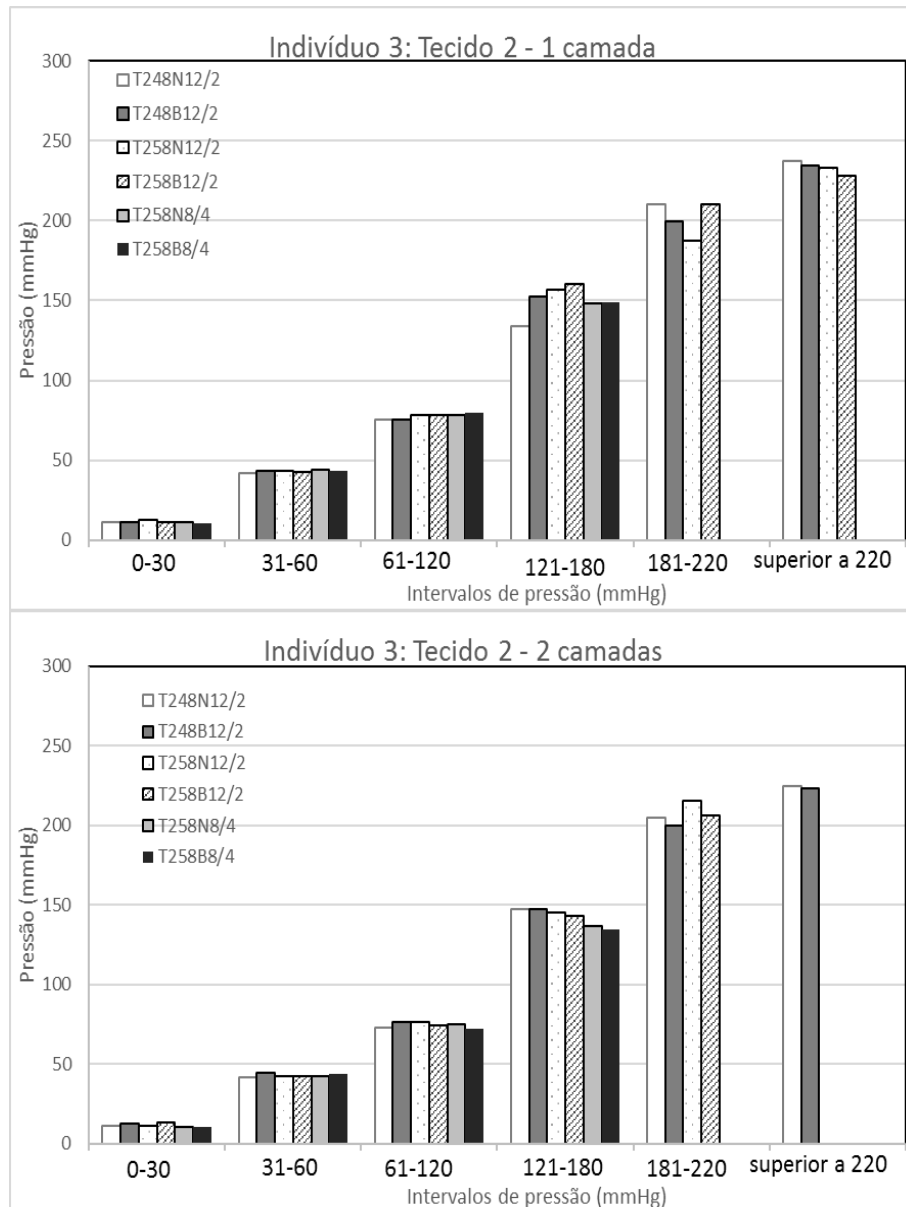


Figura 21. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 2



**Gráfico 51.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 2 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3

No tecido 2, as amostras produzidas com tramas de enchimento 8/4 Ne apresentam um desempenho distinto das restantes amostras, registando valores máximos de pressão situados no intervalo *121-180 mm Hg* com uma ou duas camadas. Com uma camada, as restantes amostras apresentaram pressões situadas no intervalo *superior a 220 mmHg*. Com duas camadas, as amostras produzidas com uma contextura à trama com 48 passagens/cm (T2-48N(12/2) e T2-48N(12/2) mantiveram os valores de pressão máxima neste intervalo, mas nas amostras produzidas com 58 passagens/cm estes valores reduziram, situando-se no intervalo *181-220 mmHg*.



### 4.6.3.3. Comportamento do Tecido 3

As pressões registadas nos testes com o indivíduo 3, sentado sobre uma camada das amostras do Tecido 3 ilustram-se na Figura 22. No Gráfico 52 são apresentados os valores médios das pressões na interface para cada um dos intervalos obtidos nos testes com uma e duas camadas de tecido.

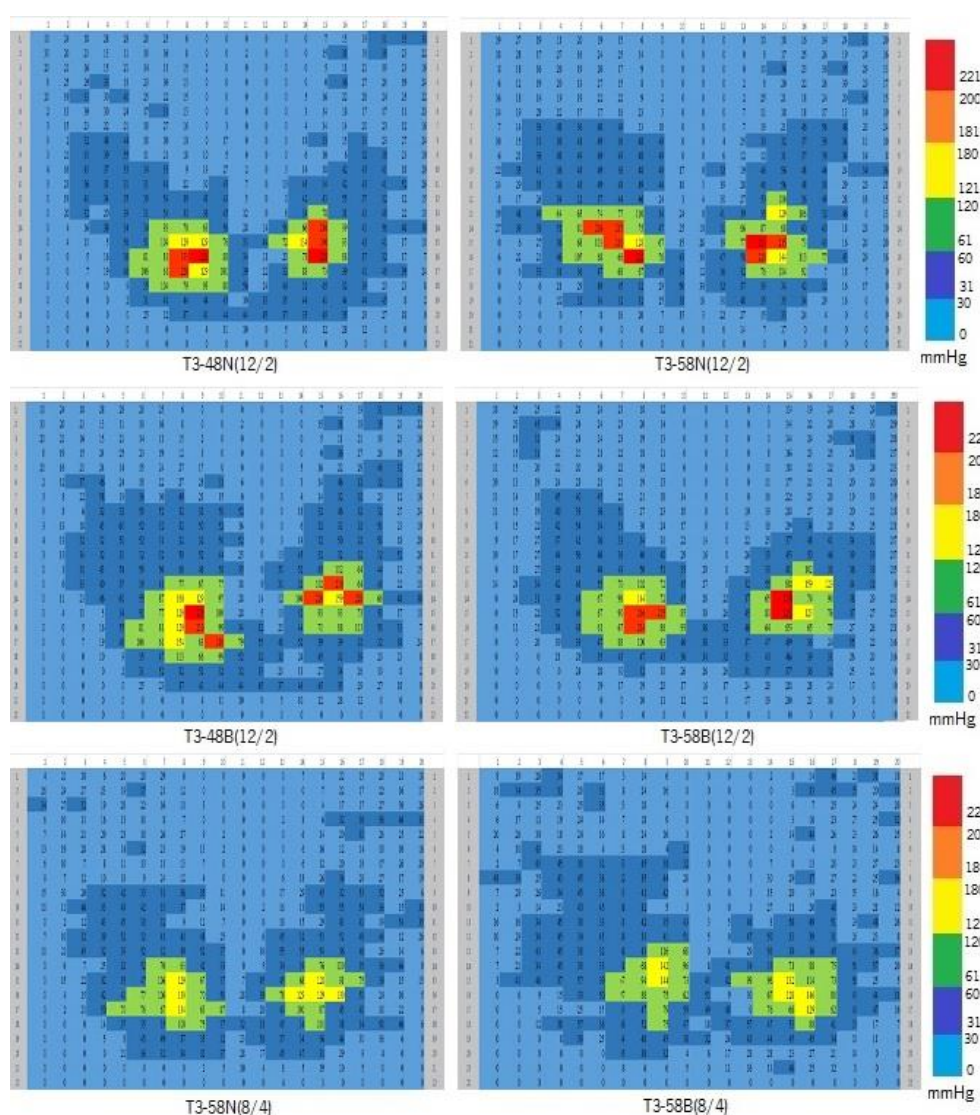
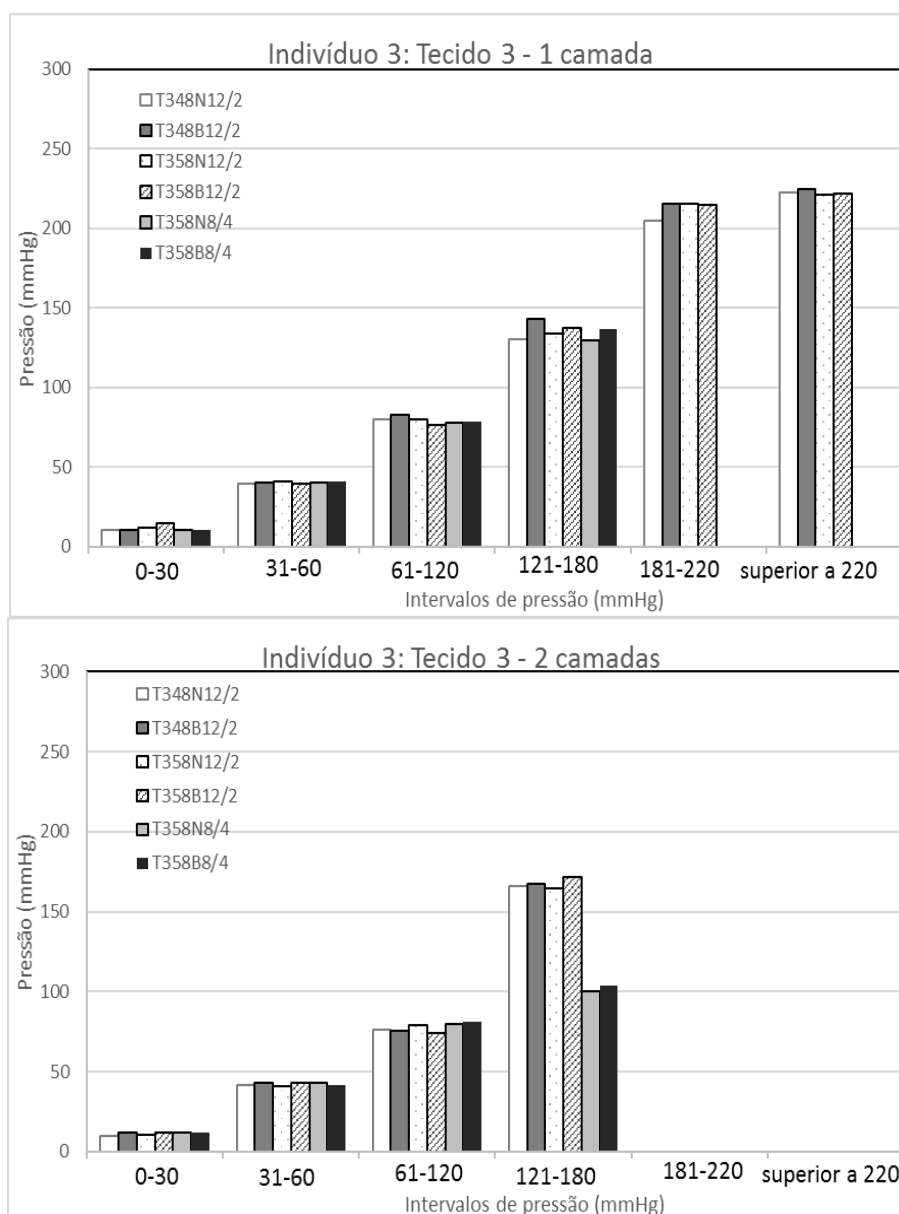


Figura 22. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 3



**Gráfico 52.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 3 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3

No Gráfico 52 é claro o efeito do aumento do número de camadas na redução da pressão em amostras produzidas com fios de trama de massa linear 12/2 Ne, enquanto que nas amostras produzidas com tramas de enchimento 8/4 Ne este efeito não se verifica. No primeiro grupo de amostras, os valores máximos de pressão, que com uma camada se situam no intervalo *superior a 220 mmHg*, com duas camadas passam a situar-se no intervalo *121-180 mmHg*. No segundo, os valores máximos de pressão situam-se no intervalo *121-180 mm Hg* em ambos os arranjos.

#### 4.6.3.4. Comportamento do Tecido 4

As pressões registadas nos testes com o indivíduo 3, sentado sobre uma camada das amostras do Tecido 4 ilustram-se na Figura 23. No Gráfico 53 são apresentados os valores médios das pressões na interface para cada um dos intervalos obtidos nos testes com uma e duas camadas de tecido.

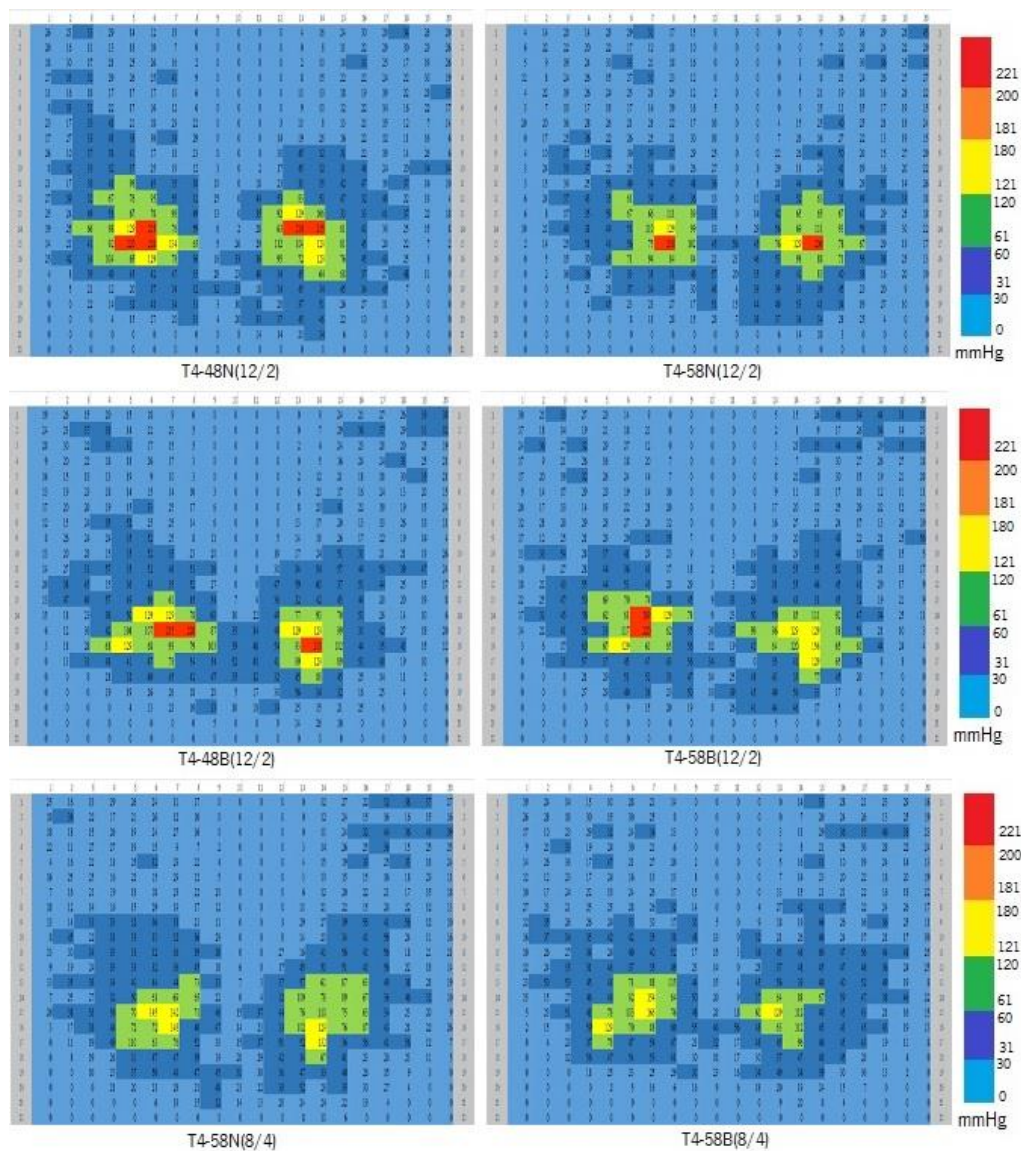
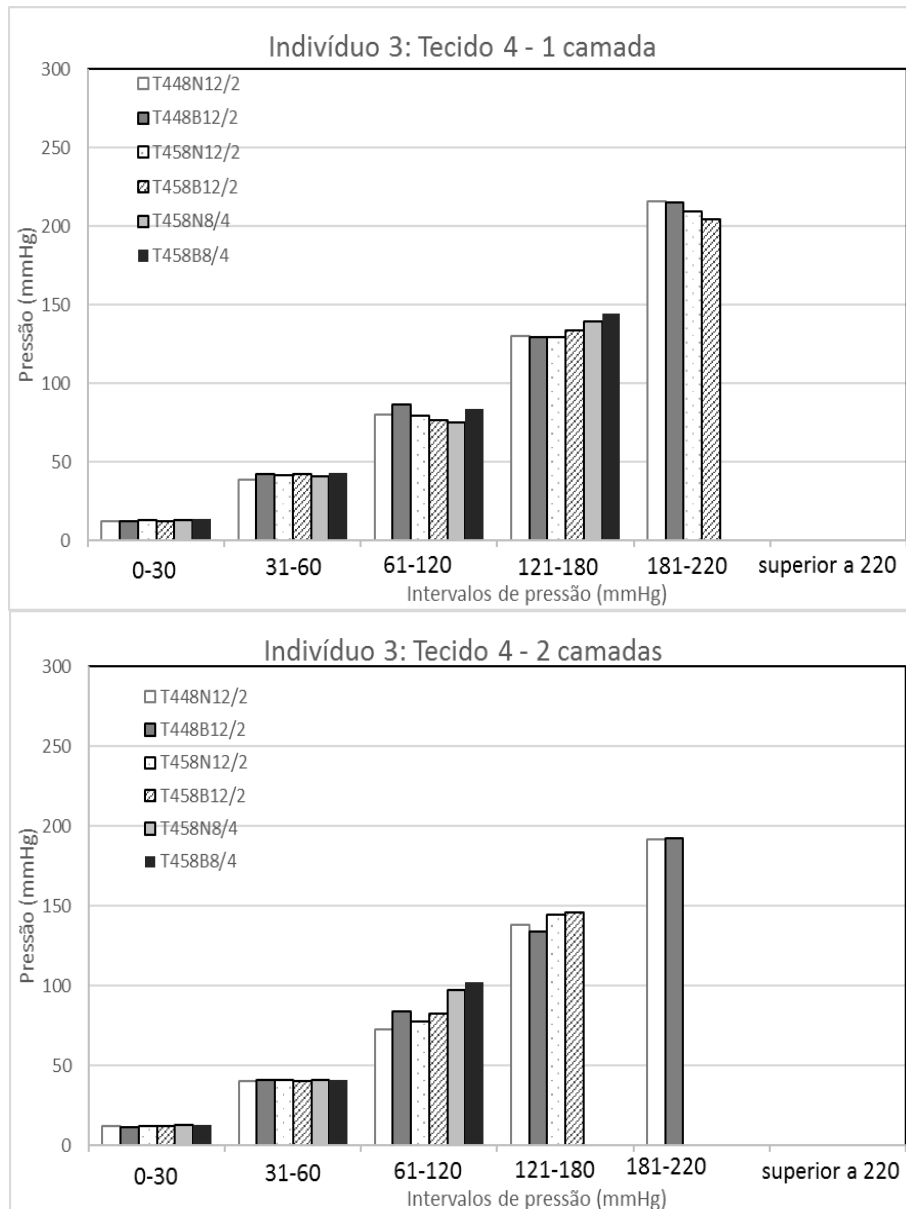


Figura 23. Mapa da pressão corporal –Voluntário 3- Tecido 4

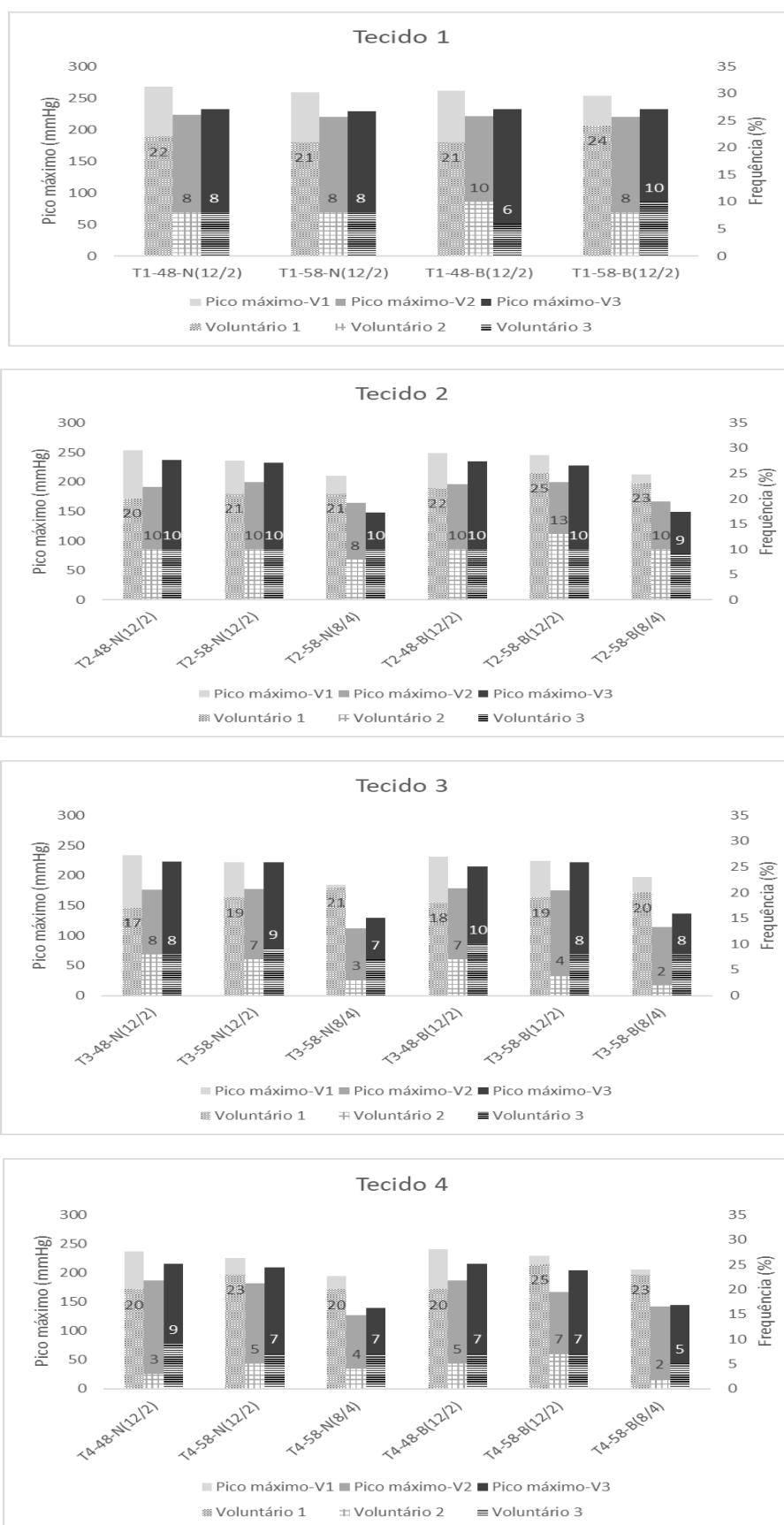


**Gráfico 53.** Média das pressões em cada intervalo - Tecido 4 – 1 e 2 camadas - Voluntário 3

Analisando os resultados do Gráfico 53 é possível verificar que as amostras com tramas de enchimento 8/4 Ne (T3-58N(8/4) e T3-58B(8/4)) são, uma vez mais as que registaram valores mais baixos de pressão na interface, situando-se no intervalo *121-180 mmHg* com uma camada e *61-120 mmHg* com duas. Nas amostras produzidas com tramas de enchimento 12/2 Ne e 58 passagens/cm o aumento do número de camadas também conduziu a uma redução do valor máximo de pressão do intervalo *181-220 mmHg* para *121-180 mmHg*, mas nas amostras produzidas com a mesma massa linear da trama de enchimento e 48 passagens/cm não se registou qualquer alteração, permanecendo no intervalo *181-220 mmHg*.

#### 4.6.4. Comparação do desempenho dos tecidos desenvolvidos

A análise efectuada anteriormente permitiu identificar o mapa de pressões desenvolvidas na interface e os valores máximos de pressão obtidos para cada indivíduo, amostra dos tecidos e arranjo (1 ou 2 camadas). Atendendo a que a magnitude das pressões e a frequência a que ocorrem são dados importantes para definir tempos de reposicionamento, realizou-se um estudo detalhado das pressões registadas na área isquiática, para cada voluntário. Neste estudo, considerou-se a frequência de pressões superiores a 60 mmHg e os valores máximos de pressão (pico máximo) obtidos para cada amostra de tecido nos testes com uma e duas camadas e para cada voluntário. Os resultados do estudo realizado sobre os dados obtidos com uma e duas camadas dos tecidos desenvolvidos são representados nos gráficos 54 e 55, respectivamente.



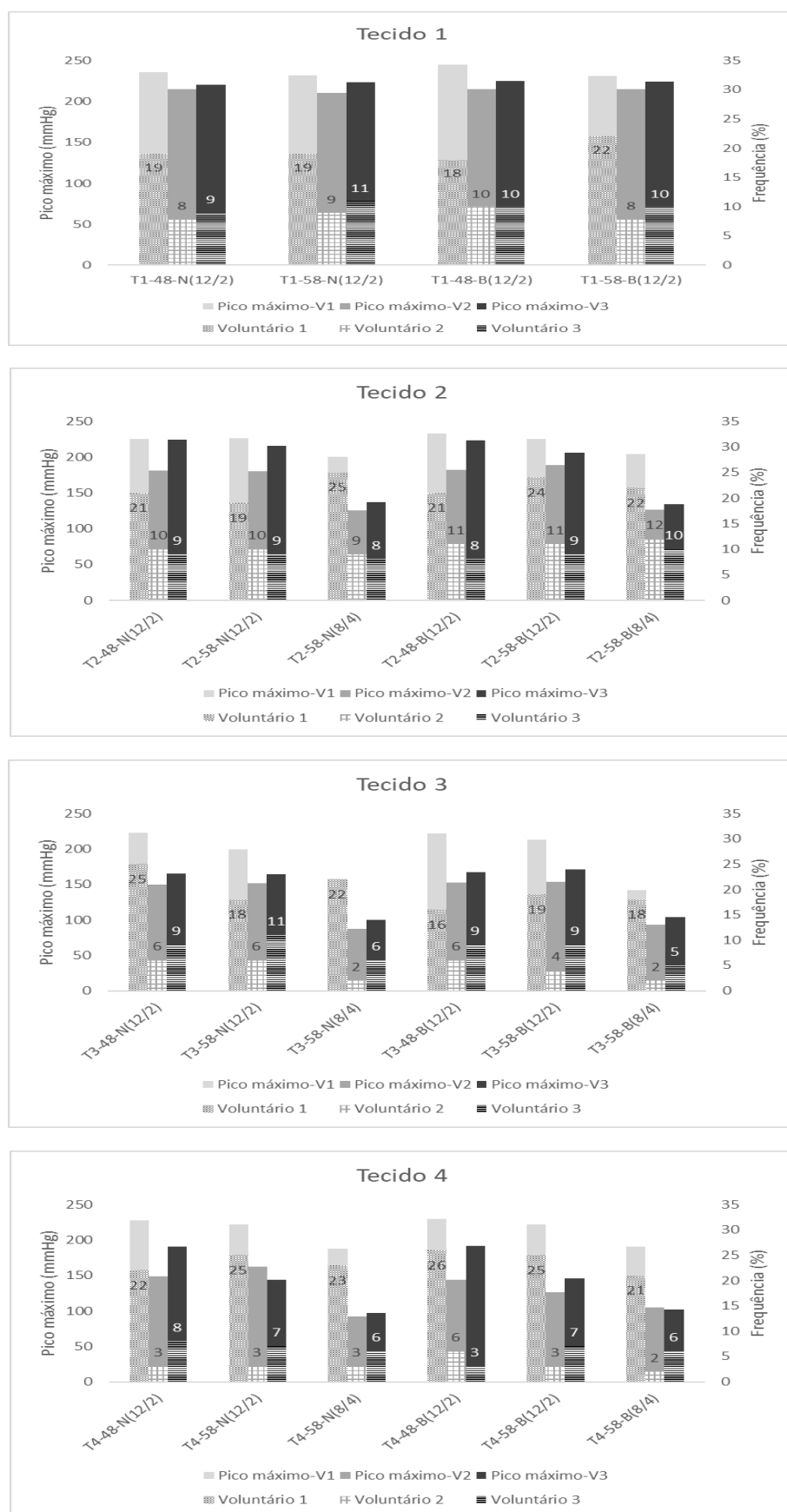
**Gráfico 54.** Picos máximos de pressão *versus* frequência – Tecidos 1, 2, 3 e 4 - Voluntários 1, 2 e 3 – 1 camada

Como se pode verificar, a frequência de ocorrência de valores de pressão acima de 60 mmHg registados com o voluntário 1 e com todos os tecidos é muito elevada (superior a 20%). Os valores mais baixos do pico máximo de pressão foram registados com as amostras do Tecido 3 produzidas com tramas de enchimento Ne 8/4 e situaram-se no intervalo 181-220 mmHg .

Nos testes com os voluntários 2 e 3 a frequência de picos de pressão foi significativamente mais baixa do que as obtidas com o voluntário 1.

O voluntário 2 registou as frequências mais baixas (2-3%) e os valores mais baixos do pico máximo nos testes com as amostras do Tecido 3 produzidas com tramas de enchimento Ne 8/4. Os valores dos picos situaram-se no intervalo 61-120 mmHg. As frequências e os picos de pressão mais baixos registados pelo voluntário 3 também foram obtidos com as amostras do Tecido 3 produzidas com tramas de enchimento Ne 8/4. Neste caso as frequências variaram entre 7-8% e os picos máximos de pressão situaram-se no intervalo 121-180 mmHg.

No gráfico 55 a frequência de pressões superiores a 60 mmHg e os valores máximos de pressão (pico máximo) obtidos para cada amostra de tecido nos testes com duas camadas.



**Gráfico 55.** Pico máximo de pressão *versus* frequência – Tecidos 1, 2, 3 e 4 - Voluntários 1, 2 e 3 – 2 camadas



Conforme se pode observar, o arranjo dos tecidos em 2 camadas promoveu uma redução dos picos de pressão e, na maioria dos casos, da frequência de ocorrência,.

Para o voluntário 1, a amostra do tecido 3 -T3-58B(8/4)- foi a que conduziu a melhores resultados, reduzindo a frequência e o valor médio do pico máximo de pressão na interface (de 197,0 para 142,46 mmHg).

Para os voluntários 2 e 3, as amostras do tecido 3 -T3-58N(8/4) e T3-58B(8/4)- conduziram a resultados semelhantes, reduzindo a frequência e o valor médio do pico máximo de pressão na interface. No caso do voluntário 2, a maior redução na frequência e o menor valor de pico máximo foi registado com a amostra T3-58N(8/4) (87,7 mmHg). Com o voluntário 3, a amostra T3-58B(8/4) produziu uma maior redução na frequência com um valor médio de pico máximo de 104,00 mmHg.

Apesar das diferenças de desempenho registado entre voluntários, o arranjo em duas camadas do tecido concebido e desenvolvido com padrão de superfície em riscas horizontais, 58 passagens/cm e com tramas de enchimento 8/4 Ne, apresenta capacidade de distribuição de pressão, reduzindo os picos máximos de pressão na área dos ísquios. As características anatómicas e idade dos voluntários afectaram a magnitude da redução. Índices de massa corporal baixos e idade mais elevadas influenciaram negativamente esta redução.

É importante salientar que, para os três voluntários, os tecidos desenvolvidos revelaram um desempenho superior quando comparado com o reportado em estudos realizados por outros pesquisadores, onde os novos substratos registam picos de pressão de 200 mmHg [41–43] na região dos ísquios.

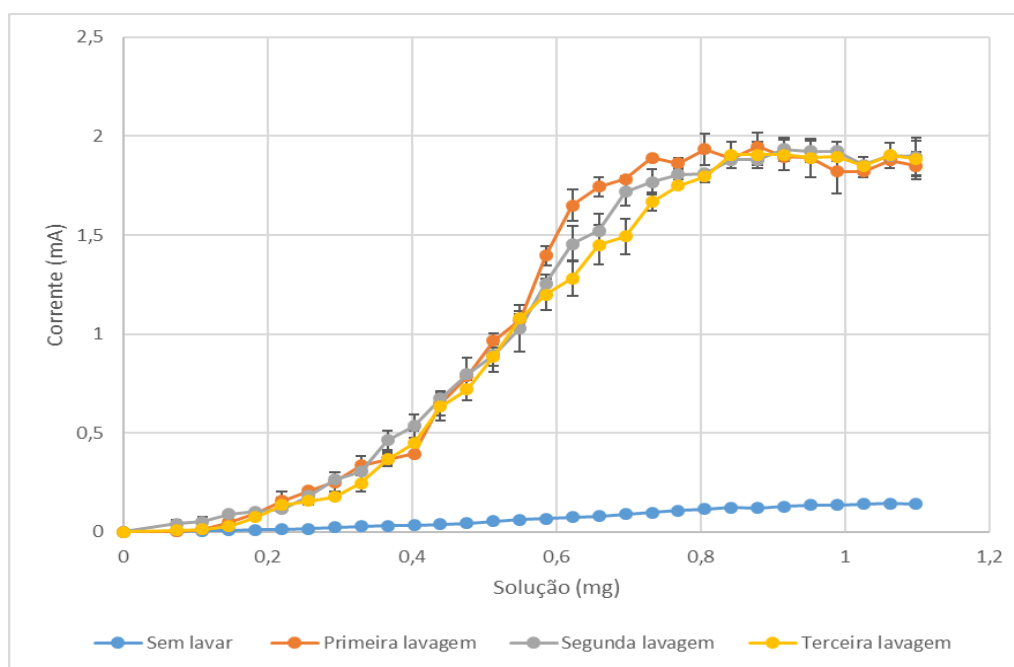
#### **4.7. Teste da capacidade de deteção de humidade**

Como referido no subcapítulo 3.3.2 seleccionou-se para protótipo da capacidade de deteção de humidade, a amostra do tecido T2-58-N(12/2), integrando fios de poliamida texturizada revestida a prata, 11 tex e 34 filamentos, resistência eléctrica de  $70 \Omega/\text{m} \pm 20$  de  $\Omega/\text{m}$  (Elitex). A prova para deteção de humidade foi realizada sobre as amostras de tecido não lavados e após lavagem. Os resultados obtidos são apresentados no Gráfico 56.

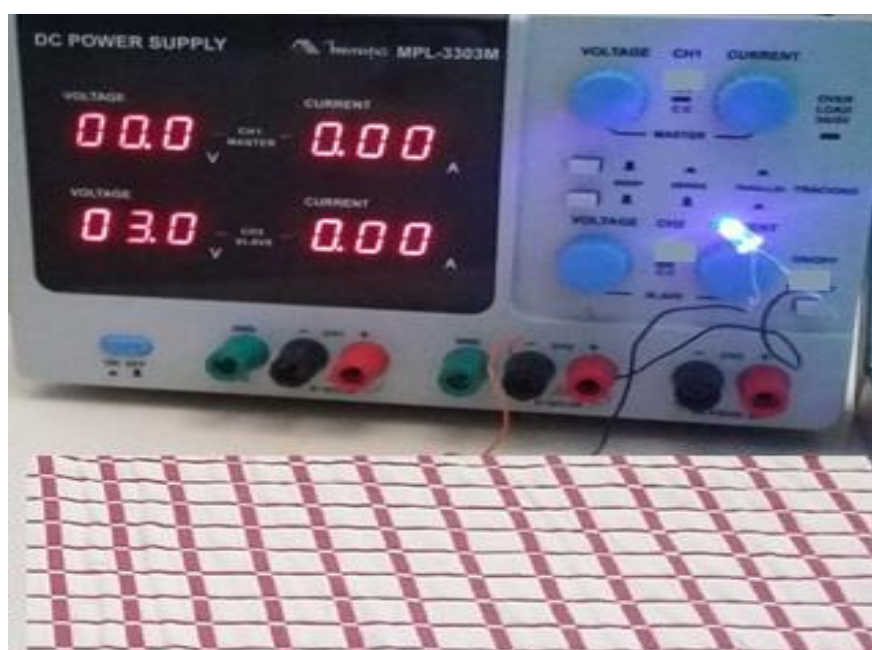
Nas amostras não lavadas, o aumento da corrente elétrica em função da quantidade de massa da solução apresenta um comportamento linear. No entanto, os valores de corrente elétrica obtidos a partir de 0,2 mg de solução, são muito baixos. Isso deve-se principalmente à dificuldade na absorção da solução pelo tecido não lavado provocada por produtos de preparação (encolantes, molhantes, etc.) utilizados no processo de produção do tecido.

O comportamento após lavagem foi avaliado sob três condições: amostra lavada uma vez, duas vezes e três vezes. A lavagem da amostra foi realizada para retirar a solução salina adicionada e verificar a influência do número de lavagens no comportamento. Observando o gráfico 56 verifica-se, nas três condições da amostra, valores muito próximos de corrente elétrica em função da massa de solução. A corrente elétrica aumenta significativamente com o aumento da massa de solução absorvida até aproximadamente 0,6 mg de solução. A partir desta massa de solução, os valores de corrente elétrica tendem a atingir um valor de saturação de 2 mA para aproximadamente 0,8 mg de solução.

Este teste simples prova que a amostra do tecido integrando fios condutores na trama é capaz de detectar humidade e que o valor da corrente elétrica não variou significativamente devido às lavagens. A Figura 24 mostra que a corrente atingida é suficiente para acender um diodo emissor de luz (*LED - Light Emitting Diode*).



**Gráfico 56.** Medidas da corrente elétrica em função da quantidade de solução absorvida pelo tecido, mantendo-se uma tensão de 3V



**Figura 24.** Circuito de montagem



## **5. Conclusão e Perspetivas Futuras**

## 5.1 Conclusões

O desenvolvimento de tecidos multifuncionais para alívio de pressão e detecção de humidade, com funcionalidades conferidas por estrutura, coloca vários desafios em termos de conceção e desenvolvimento. Isto porque a arquitectura da sua estrutura terá que ser projectada por forma a cumprir com os requisitos de desempenho exigidos pela aplicação, em particular, no que se relaciona com a capacidade de reduzir pressões na interface.

A análise da literatura permitiu, por um lado, avaliar o potencial de inovação dos tecidos duplos a desenvolver e por outro, identificar as variáveis construtivas com maior influência no desempenho.

Neste contexto, o propósito deste trabalho foi a conceção e desenvolvimento de estruturas têxteis tridimensionais baseadas em tecidos duplos, que simultaneamente promovam alívio de pressão, conforto térmico e detecção de humidade, para serem utilizadas como coberturas para colchões ou cadeiras, que possam constituir uma alternativa eficaz para prevenção de úlceras de pressão em pessoas acamadas ou com mobilidade reduzida.

Os padrões de superfície dos tecidos duplos foram concebidos utilizando o sistema CAD Penelope Dobby Pro ®. Após várias simulações, seleccionaram-se duas formas geométricas com volume para desenvolvimento. Consideraram-se como variáveis, três parâmetros construtivos: i) contextura à trama dos tecidos superior e inferior; ii) densidade linear dos fios de trama de enchimento e iii) tensão das teias. A combinação destes factores deu origem à produção de 22 amostras de tecidos duplos.

Estas amostras de tecidos foram caracterizadas quanto às propriedades mecânicas (compressão, corte, flexão e atrito cinético), de transferência de ar, calor e humidade (permeabilidade ao ar, resistência e absorvidade térmicas, dispersão e absorção de líquidos e permeabilidade ao vapor de água). Para cada propriedade avaliada procedeu-se a uma análise comparativa e seleccionada a amostra que obteve o melhor desempenho.

Foi ainda avaliada a capacidade de distribuição de pressão dos tecidos, em arranjos de uma e duas camadas, em teste de desempenho funcional com indivíduos saudáveis.

Dentre os tecidos desenvolvidos, os tecidos com maiores espessura e área de padrão de superfície foram os que revelaram melhor desempenho, quer nos testes de caracterização propriedades, quer nos testes de desempenho funcional com indivíduos, designadamente os tecidos produzidos com padrão em riscas horizontais com maior área (T3), maior contextura nos tecidos superior e inferior (58 passagens/ cm) e maior massa linear dos fios de trama de enchimento (8/4 Ne). O arranjo com duas folhas de tecido, demonstrou um melhor comportamento à compressão, com redução da frequência e do valor dos picos máximos de pressão na interface, pelo que serão a melhor solução para coberturas de suporte para prevenção das úlceras de pressão.

Tendo em consideração que humidade no tecido provocada por incontinência urinária aumenta a probabilidade de formação de úlceras de pressão, testou-se a capacidade de deteção de humidade de uma amostra de tecido integrando fios condutores, produzida como protótipo para prova de conceito. Os resultados obtidos mostraram a capacidade de atuação do tecido na deteção de humidade após sucessivas lavagens.

## 5.2 Perspetivas Futuras

O crescente aumento de população idosa e a necessidade de melhoria da sua qualidade de vida ressaltam a importância do desenvolvimento de superfícies de suporte que atuem de maneira eficaz sobre os fatores externos correlacionados a formação das úlceras de pressão. Apesar das tecnologias existentes, este problema persiste nos dias atuais e até a presente data não há soluções de base têxtil que atentem a promoção do alívio de pressão e deteção de humidade. O presente trabalho contribuiu com uma solução inovadora neste domínio e permitiu determinar as variáveis com maior influência no comportamento das estruturas. Como perspectiva de trabalho futuro pretende-se:

- Produzir um protótipo das amostras de tecido que demonstraram melhor desempenho integrando fios condutores, para prosseguir a investigação no que concerne o sistema de deteção de humidade, integrando um sistema de alarme e de envio de forma remota para o profissional da área da saúde.

- Testar os tecidos desenvolvidos em pessoas com mobilidade reduzida (teste de campo);
- Investigar o potencial de utilização das estruturas desenvolvidas em outras aplicações, por exemplo, em assentos de carro, cadeiras para escritório e salas de aula.



## Referências Bibliográficas

- [1] E.P.U.A. Panel, National Pressure Ulcer Advisory Panel, Prev. Treat. Press. Ulcers Quick Ref. Guid. Washingt. DC. Natl. Press. Ulcer Advis. Panel. (2009) 1–72.
- [2] L.S. MILLAN, J.G.D.E. CARVALHO, B.P.D.E.S.N. BATISTA, S.T. GALLAFRIO, P. TUMA JUNIOR, M.C. FERREIRA, Calcanectomia subtotal para tratamento de úlcera de pressão com osteomielite associada: relato de 2 casos, Rev. Bras. Cir. Plást. 29 (2014) 190–193.
- [3] D.R. Berlowitz, H.Q. Bezerra, G.H. Brandeis, B. Kader, J.J. Anderson, Are we improving the quality of nursing home care: the case of pressure ulcers, J. Am. Geriatr. Soc. 48 (2000) 59–62.
- [4] D.J. Jolley, R. Wright, S. McGowan, M.B. Hickey, D.A. Campbell, R.D. Sinclair, K.C. Montgomery, Preventing pressure ulcers with the Australian Medical Sheepskin: an open-label randomised controlled trial, Med. J. Aust. 180 (2004) 324–327.
- [5] S. Hampton, S. Young, C. Bree-Aslan, A. Colbourn, Parafricta™ material: can it reduce the potential for pressure damage?, J. Community Nurs. 23 (2009) 28–31.
- [6] M. Clark, M. Romanelli, S.I. Reger, V.K. Ranganathan, J. Black, C. Dealey, Microclimate in context, Int. Rev. Press. Ulcer Prev. Press. Shear. Frict. Microclim. Context. A Consens. Doc. (2010) 19–25.
- [7] L. Gerhardt, N. Mattle, G.U. Schrade, N.D. Spencer, S. Derler, Study of skin–fabric interactions of relevance to decubitus: friction and contact-pressure measurements, Ski. Res. Technol. 14 (2008) 77–88.
- [8] E. Pryczynska, B. Lipp-Symonowicz, A. Wieczorek, W. Gaszynski, K. Krekora, E. Bittner-Czapinska, Sheet fabrics with biophysical properties as elements of joint prevention in connection with first-and second-generation pneumatic anti-bedsore mattresses, Fibres Text. East. Eur. 11 (2003) 50–53.
- [9] M. Snyckerski, I. Frontczak-Wasiak, A functional woven fabric with controlled friction coefficients preventing bedsores, AUTEX Res. J. 4 (2004) 137–142.
- [10] N. Gokarneshan, Fabric structure and design, New Age International, 2004.
- [11] I. Parkova, A. Viļumsone, Functional and Aesthetic Design of Woven Electrotexiles, J. Text. Apparel, Technol. Manag. 8 (2013) 1–9.
- [12] S. Eriksson, L. Berglin, E. Gunnarsson, L. Guo, H. Lindholm, L. Sandsjö, Three-dimensional multilayer fabric structures for interactive textiles, in: Third Conf. 3D Text.

- Their Appl. Wohan, China, 20110420, 2011: pp. 1–6.
- [13] T. Bashir, L. Fast, M. Skrifvars, N. Persson, Electrical resistance measurement methods and electrical characterization of poly (3, 4-ethylenedioxythiophene)-coated conductive fibers, *J. Appl. Polym. Sci.* 124 (2012) 2954–2961.
  - [14] S. Patel, H. Park, P. Bonato, L. Chan, M. Rodgers, A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation, *J. Neuroeng. Rehabil.* 9 (2012) 21.
  - [15] L. Van Langenhove, *Smart textiles for medicine and healthcare: materials, systems and applications*, Elsevier, 2007.
  - [16] A. Pantelopoulos, N.G. Bourbakis, A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis, *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern. Part C (Applications Rev.* 40 (2010) 1–12.
  - [17] J. Lee, H. Kwon, J. Seo, S. Shin, J.H. Koo, C. Pang, S. Son, J.H. Kim, Y.H. Jang, D.E. Kim, Conductive fiber-based ultrasensitive textile pressure sensor for wearable electronics, *Adv. Mater.* 27 (2015) 2433–2439.
  - [18] K.S. Jeong, S.K. Yoo, Electro-textile interfaces: Textile-based sensors and actuators, *Smart Cloth. Technol. Appl.* 98. 113 (2010).
  - [19] H. Carvalho, A.P. Catarino, A. Rocha, O. Postolache, Health monitoring using textile sensors and electrodes: An overview and integration of technologies, in: *Med. Meas. Appl. (MeMeA), 2014 IEEE Int. Symp., IEEE, 2014: pp. 1–6.*
  - [20] J. Lage, A.P. Catarino, H. Carvalho, A.M. Rocha, Smart shirt with embedded vital sign and moisture sensing, in: *SPWID 2015 First Int. Conf. Smart Portable, Wearable, Implant. Disabil. Devices Syst., Iaria, 2015: pp. 25–30.*
  - [21] J.A. Rocha, M.J. Miranda, M.J. Andrade, Abordagem terapêutica das úlceras de pressão: intervenções baseadas na evidência, *Acta Med Port.* 19 (2006) 29–38.
  - [22] M. Takahashi, J. Black, C. Dealey, A. Gefen, Pressure in context, *Int. Rev. Press. Ulcer Prev. Press. Shear. Frict. Microclim. Context.* 1 (2010) 1–10.
  - [23] J.A. DeLisa, B.M. Gans, N.E. Walsh, *Physical medicine and rehabilitation: principles and practice*, Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
  - [24] L. de L.R. Campos, V.E.C. Rossi, Prevenção e tratamento de úlcera de pressão, *Conex. Ciência.* 5 (2010) 92–104.
  - [25] A.B.F. Medeiros, C.H.A. de Freitas Lopes, M.S.B. Jorge, Análise da prevenção e tratamento das úlceras por pressão propostos por enfermeiros, *Rev. Da Esc. Enferm. Da*

- USP. 43 (2009) 223–228.
- [26] S. Coleman, C. Gorecki, E.A. Nelson, S.J. Closs, T. Defloor, R. Halfens, A. Farrin, J. Brown, L. Schoonhoven, J. Nixon, Patient risk factors for pressure ulcer development: systematic review, *Int. J. Nurs. Stud.* 50 (2013) 974–1003.
- [27] H. Orsted, T. Ohura, K. Harding, Pressure, shear, friction and microclimate in context, *Int. Rev. Press. Ulcer Prev. Press. Shear. Frict. Microclim. Context. A Consens. Doc.* (2010) 1–9.
- [28] E. McInnes, A. Jammali-Blasi, S.E. Bell-Syer, J.C. Dumville, N. Cullum, Support surfaces for pressure ulcer prevention, *Cochrane Database Syst Rev.* 4 (2011) 1–19.
- [29] P.B. Keller, J. Wille, B. van Ramshorst, C. van der Werken, Pressure ulcers in intensive care patients: a review of risks and prevention, *Intensive Care Med.* 28 (2002) 1379–1388.
- [30] S.L. Garber, D.H. Rintala, Pressure ulcers in veterans with spinal cord injury: a retrospective study, *J. Rehabil. Res. Dev.* 40 (2003) 433.
- [31] C.L. Maurer, S. Sprigle, Effect of seat inclination on seated pressures of individuals with spinal cord injury, *Phys. Ther.* 84 (2004) 255–261.
- [32] K. Hamanami, A. Tokuhira, H. Inoue, Finding the optimal setting of inflated air pressure for a multi-cell air cushion for wheelchair patients with spinal cord injury., *Acta Med. Okayama.* 58 (2004) 37–44.
- [33] I. Swain, The measurement of interface pressure, in: *Press. Ulcer Res.*, Springer, 2005: pp. 51–71.
- [34] H. Kirkland-Walsh, O. Teleten, M. Wilson, B. Raingruber, Pressure mapping comparison of four OR surfaces, *AORN J.* 102 (2015) 1–61.
- [35] S.I. Reger, V.K. Ranganathan, H.L. Orsted, T. Ohura, A. Gefen, Shear and friction in context, *Int. Rev. Press. Ulcer Prev. Press. Shear. Frict. Microclim. Context.* (2010) 13–20.
- [36] M. Kosiak, Etiology of decubitus ulcers., *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 42 (1961) 19.
- [37] J.H. Meijer, P.H. Germs, H. Schneider, M.W. Ribbe, Susceptibility to decubitus ulcer formation, *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 75 (1994) 318–323.
- [38] T. Husain, An experimental study of some pressure effects on tissues, with reference to the bed-sore problem, *J. Pathol.* 66 (1953) 347–358.
- [39] M. Kosiak, W.G. Kubicek, M. Olson, J.N. Danz, F.J. Kottke, Evaluation of pressure as a

- factor in the production of ischial ulcers., *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 39 (1958) 623–629.
- [40] E.M. Landis, Micro-injection studies of capillary blood pressure in human skin, *Heart*. 15 (1930) 209–228.
- [41] R. Aissaoui, C. Kauffmann, J. Dansereau, J.A. de Guise, Analysis of pressure distribution at the body–seat interface in able-bodied and paraplegic subjects using a deformable active contour algorithm, *Med. Eng. Phys.* 23 (2001) 359–367.
- [42] Y. Tanimoto, H. Takechi, H. Nagahata, H. Yamamoto, Pressure measurement of air cushions for SCI patients, *IEEE Trans. Instrum. Meas.* 49 (2000) 666–670.
- [43] M. Ferrarin, G. Andreoni, A. Pedotti, Comparative biomechanical evaluation of different wheelchair seat cushions, *J. Rehabil. Res. Dev.* 37 (2000) 315.
- [44] J.B. Reswick, J.E. Rogers, Experience at Rancho Los Amigos Hospital with devices and techniques to prevent pressure sores, in: *Bed Sore Biomech.*, Springer, 1976: pp. 301–310.
- [45] M. Lima, L.F. Silva, R. Vasconcelos, J. Martins, L. Hes, Frictorq, tribômetro para avaliação objectiva de superfícies textéis, (2005) 1–11.
- [46] J.A. Delisa, B.M. Gans, *Tratado de medicina de realibitação: Princípios e Prática*, in: *Tratado Med. Realibitação Princípios e Prática*, 2002: pp. 115–144.
- [47] W. Zhong, M.M.Q. Xing, N. Pan, H.I. Maibach, Textiles and human skin, microclimate, cutaneous reactions: an overview, *Cutan. Ocul. Toxicol.* 25 (2006) 23–39.
- [48] M. Payette, C. Portoghese, The Role of Friction and Shear Forces in Pressure Ulcer Generation, 29th Int. Seat. Symp. (2013) 221–222.
- [49] N.P.U.A.P.S.S. Initiative, Terms and definitions related to support surfaces, (2007) 1–10.
- [50] T. Pereira, P. Silva, H. Carvalho, M. Carvalho, Textile moisture sensor matrix for monitoring of disabled and bed-rest patients, in: *EUROCON-International Conf. Comput. as a Tool (EUROCON)*, 2011 IEEE, IEEE, 2011: pp. 1–4.
- [51] K.-Y. Jung, Y.-J. Na, J.-H. Lee, FDRAS: fashion design recommender agent system using the extraction of representative sensibility and the two-way combined filtering on textile, in: *Int. Conf. Database Expert Syst. Appl.*, Springer, 2003: pp. 631–640.
- [52] G. Basal, S. Ilgaz, A functional fabric for pressure ulcer prevention, *Text. Res. J.* 79 (2009) 1415–1426.
- [53] U. Wollina, M. Heide, W. Müller-Litz, D. Obenauf, J. Ash, Functional textiles in prevention of chronic wounds, wound healing and tissue engineering, in: *Text. Ski.*, Karger

- Publishers, 2003: pp. 82–97.
- [54] T.C.C. Afonso, Concepção de uma estrutura têxtil multifuncional para a profilaxia de patologias ulcerosas no pé de pacientes diabéticos, (2009) 1–47.
  - [55] B.K. Behera, Comfort and handle behaviour of linen-blended fabrics, *AUTEX Res. J.* 7 (2007) 33–47.
  - [56] K.A. Asanovic, D.D. Cerovic, T. V Mihailovic, M.M. Kostic, M. Reljic, Quality of clothing fabrics in terms of their comfort properties, *Indian J. Fibre Text. Res.* 40 (2016) 363–372.
  - [57] R.K. Nayak, S.K. Punj, K.N. Chatterjee, B.K. Behera, Comfort properties of suiting fabrics, 34 (2009) 122–128.
  - [58] E. Onofrei, A.M. Rocha, A. Catarino, The Influence of Knitted Fabrics' Structure on the Thermal and Moisture Management Properties., *J. Eng. Fabr. Fibers.* 6 (2011) 10–22.
  - [59] J. Hu, *Structure and mechanics of woven fabrics*, Elsevier, 2004.
  - [60] L. Eadie, T.K. Ghosh, Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview, *J. R. Soc. Interface.* 6 (2011) 761–775.
  - [61] M. Mohamed, Recent advances in 3D weaving, in: *Proc. 1st World Conf. 3D Fabr. Their Appl.*, 2008: pp. 10–11.
  - [62] P. Junker, *Manual para Padronagem de Tecido Plano*, Lisboa Ed. Bras. 1 (1988) 12–22.
  - [63] E.A. ELNASHAR, P.D. Dubrovski, The influence of the weave and the method of stitching on selected mechanical properties of woven double fabrics, *AUTEX Res. J.* 8 (2008) 41–43.
  - [64] S. Petrulyte, D. Petrulis, Modern textiles and biomaterials for healthcare, in: *Handb. Med. Text.*, Elsevier, 2011: pp. 1–35.
  - [65] M.C.F. Ng, X. Wang, J. Hu, Y. Szeto, Shapeable stretch textiles via compound weaves for seamless woven fashion, *Text. Res. J.* 80 (2010) 1191–1200.
  - [66] B.J. Hoffman, N. Johannigman, F. Sauser, B.P. Fisk, G.J. Shannon, D.C. Newkirk, E.R. Meyer, J.T. Canter, N.H. Strzelecki, W.H. Phipps, Patient support apparatus having air fluidized therapy, (2017) 194.
  - [67] S.J. Partian, Contour and topography adjusting massaging mattress, (2004) 797–829.
  - [68] D. Xu, M. Ge, Thickness determination in textile material design: dynamic modeling and numerical algorithms, *Inverse Probl.* 28 (2012) 12–22.
  - [69] E. Pazireh, A.A. Gharehaghaji, E. Haghighat, Study on the Comfort of Knitted Elastic

- Fabrics based on Compressive Deformation Behavior., *J. Eng. Fabr. Fibers.* 9 (2014) 83–89.
- [70] B.K. Behera, A.K. Pattanayak, Measurement and modeling of drape using digital image processing, 33 (2008) 230–238.
- [71] P.P. Bonde, S.D. Asagekar, Study of bending properties of fabrics, *Int. J. Adv. Res. Eng. Appl. Sci.* 3 (2014) 20–34.
- [72] S. Leelajariyakul, H. Noguchi, S. Kiatkamjornwong, Surface-modified and micro-encapsulated pigmented inks for ink jet printing on textile fabrics, *Prog. Org. Coatings.* 62 (2008) 145–161.
- [73] I. Murthyguru, Novel approach to study compression properties in textile, *Autex Res. J.* 5 (2005) 176–193.
- [74] M. Lima, R.M. Vasconcelos, L.F. Silva, J. Cunha, Fabrics made from non-conventional blends: What can we expect from them related to frictional properties?, *Text. Res. J.* 79 (2009) 337–342.
- [75] B. Das, A. Das, V.K. Kothari, R. Fanguero, M. Araujo, Study of Moisture Transmission through Fabrics for Comfort Optimisation: The Case of Work Wear for Use in Tropical Climatic Conditions, in: *Autex Conf.*, 2006.
- [76] B.P. Saville, *Physical testing of textiles*, Elsevier, 1999.
- [77] N. Oğlakcioğlu, A. Marmarali, Thermal comfort properties of some knitted structures, *Fibres Text. East. Eur.* 15 (2007) 64–65.
- [78] L. Hes, M. De Araujo, V. V Djulay, Effect of mutual bonding of textile layers on thermal insulation and thermal contact properties of fabric assemblies, *Text. Res. J.* 66 (1996) 245–250.
- [79] J. Domskienė, E. Strazdienė, Investigation of Fabric Shear Behavior *Fibres and Text, East. Eur.* 13 (2 (50)), 26. 30 (2005) 26–30.
- [80] U. Mohammed, C. Lekakou, L. Dong, M.G. Bader, Shear deformation and micromechanics of woven fabrics, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 31 (2000) 299–308.
- [81] R.T. Ogulata, Air permeability of woven fabrics, *J. Text. Apparel, Technol. Manag.* 5 (2006) 1–10.
- [82] A. Lolaki, M. Shanbeh, S. Borhani, Effect of structural parameters of porous yarns and fabric on air permeability and moisture transfer of double-face woven fabrics, *J. Text. Inst.* 108 (2017) 992–1000.

- [83] P. Kandhavativu, R. Rathinamoorthy, R. Surjit, Moisture and thermal management properties of woven and knitted tri-layer fabrics, *Indian J. Fibre Text. Res.* 40 (2015) 243–249.
- [84] A. Hedge, Thermal comfort variables, (2006).
- [85] N.R.S. Hollies, M.M. Kaessinger, B.S. Watson, H. Bogaty, Water transport mechanisms in textile materials: Part II: Capillary-type penetration in yarns and fabrics, *Text. Res. J.* 27 (1957) 8–13.
- [86] T. Standard, FTTS-FA-004, Test Method of Specified Requirements of Moisture Transferring and Quick Drying Textiles, Taiwan Text. Dev. Assoc. (2005).

**Anexos**



## ANEXO I – Conceção e Desenvolvimento do tecido

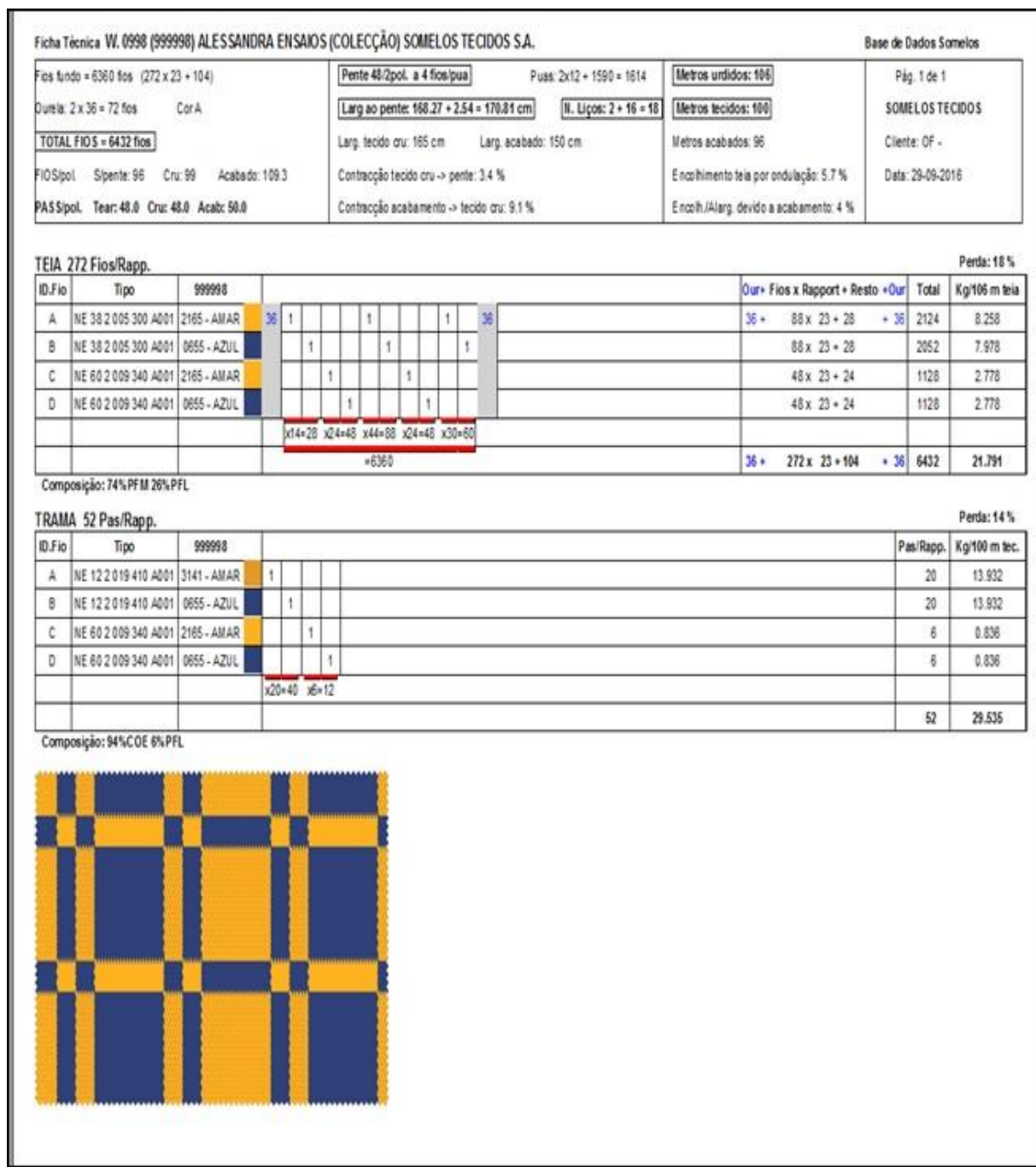


Figura Anexo I - 1. Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-48-N(12/2) e T1-48-B(12/2)

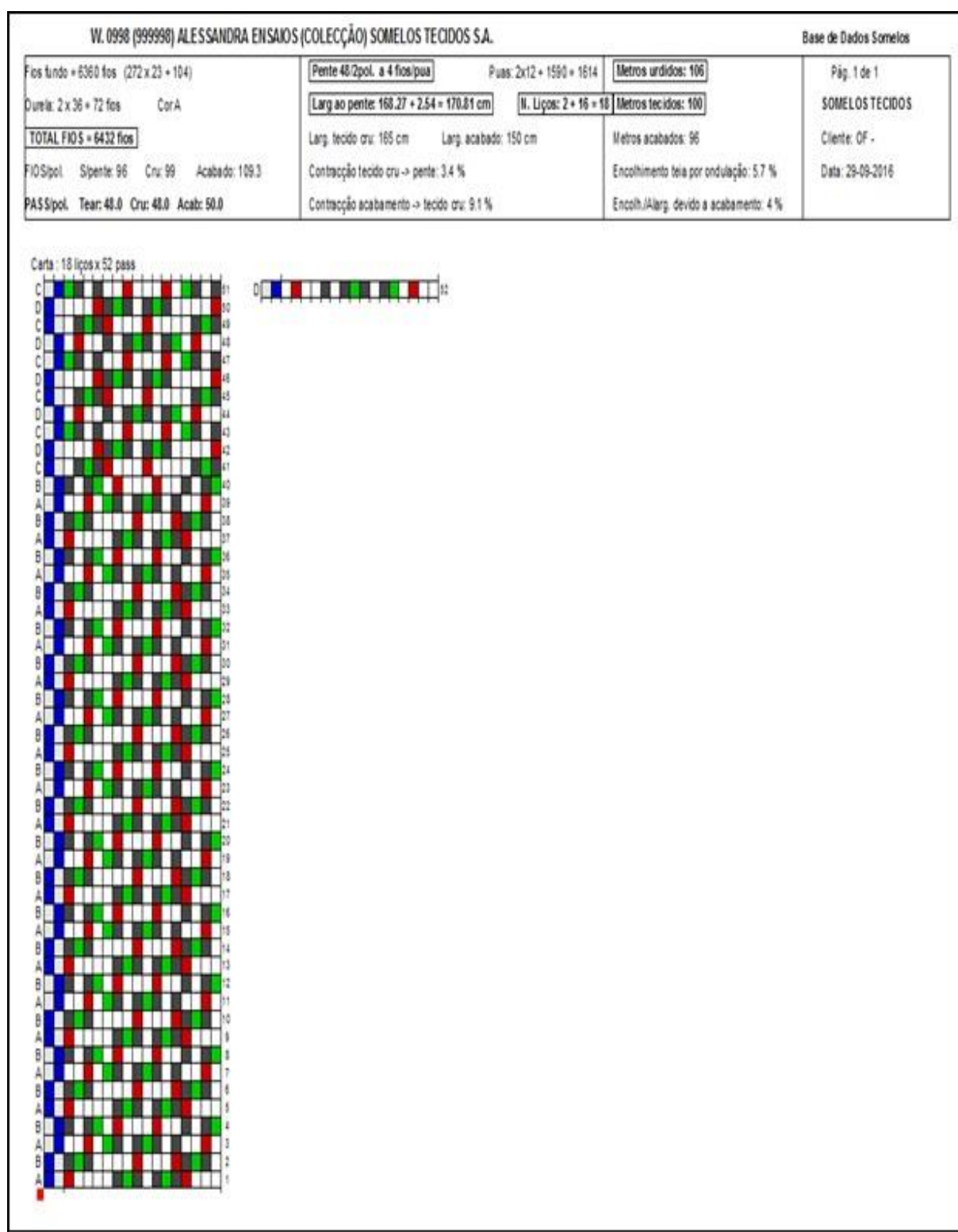


Figura Anexo I - 2 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-48-N(12/2) e T1-48-B(12/2)

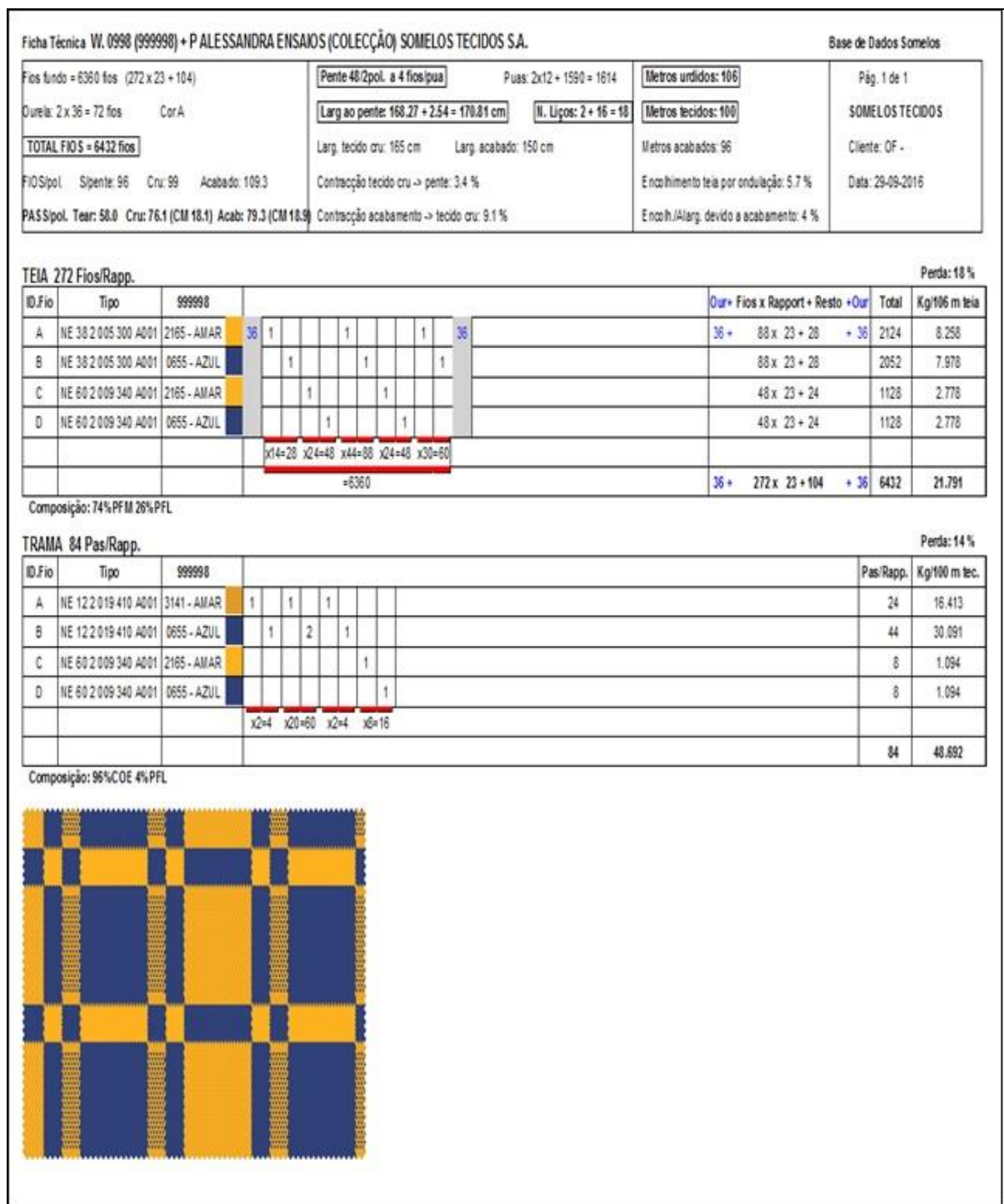


Figura Anexo I - 3 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-58-N(12/2) e T1-58-B(12/2)

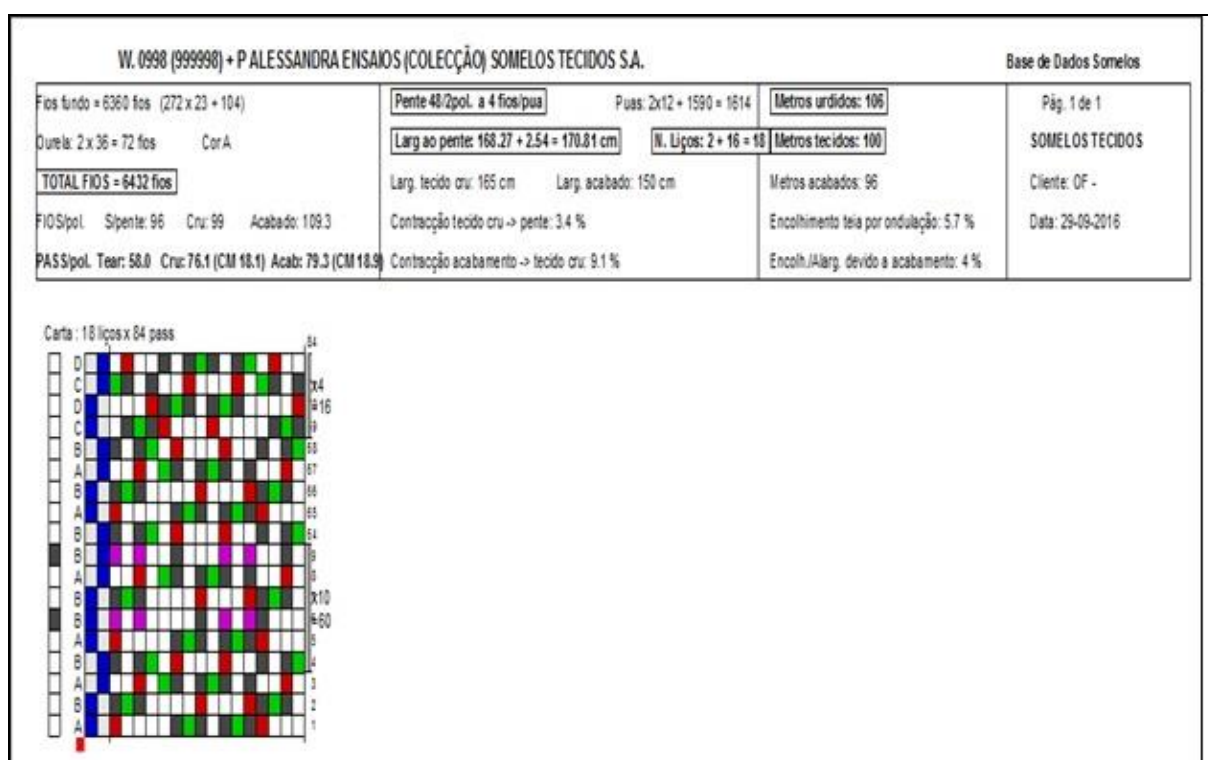


Figura Anexo I - 4 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T1-58-N(12/2) e T1-58-B(12/2)

Ficha Técnica W. 0994 (999993) ALESSANDRA XADREZ ENSAIOS (COLEÇÃO) SOMELOS TECIDOS S.A.										Base de Dados Somecos	
Fios fundo = 6360 fios (2 x 3180 + 0)				Pente 48/2pol. a 4 fios/pua		Pua: 2x12 = 1590 = 1614		Metros urdidos: 106		Pág. 1 de 1	
Ourela: 2 x 36 = 72 fios      Cor: A				Larg ao pente: 168,27 + 2,54 = 170,81 cm		N. Liços: 2 + 8 = 10		Metros tecidos: 100		SOMELOS TECIDOS	
TOTAL FIOS = 6432 fios				Larg. tecido cru: 165 cm      Larg. acabado: 150 cm				Metros acabados: 96		Cliente: OF -	
FIO Spol.   Spente: 96      Cru: 99      Acabado: 109,3				Contração tecido cru -> pente: 3,4 %				Encoimento teia por ondulação: 5,7 %		Data: 29-09-2016	
PASS/pol. Tear: 48,0      Cru: 62,8 (CM 14,8)      Acab: 65,4 (CM 15,4)				Contração acabamento -> tecido cru: 9,1 %				Enco h./Alarg. devido a acabamento: 4 %			

**TEIA 2 Fios/Rapp.**

ID.Fio	Tipo	999993											Our+ Fios x Rapport + Resto + Our	Total	Kg/106 m teia	
A	NE 38 2 005 300 A001	3288 - CREME	36	1			36							36 + 1 x 3180 + 0 + 36	3252	12,644
B	NE 38 2 005 300 A001	3775 - VERM					1							1 x 3180 + 0	3180	12,364
			x3180=6360													
													36 + 2 x 3180 + 0 + 36	6432	25,007	

Composição: 100%PFM

**TRAMA 68 Pas/Rapp.**

ID.Fio	Tipo	999993											Pas/Rapp.	Kg/100 m tec.
A	NE 12 2 019 410 A001	3288 - CREME	1			1			1				20	13,932
B	NE 12 2 019 410 A001	3775 - VERM		1	1		1		1				36	25,077
C	NE 60 2 009 340 A001	3288 - CREME									1		6	0,836
D	NE 60 2 009 340 A001	3770 - VINHO									1		6	0,836
			x2=6      x16=48      x6=12											
													68	40,680

Composição: 96%COE 4%PFL

**Figura Anexo I - 5** Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-48-N(12/2) e T2-48-B(12/2)

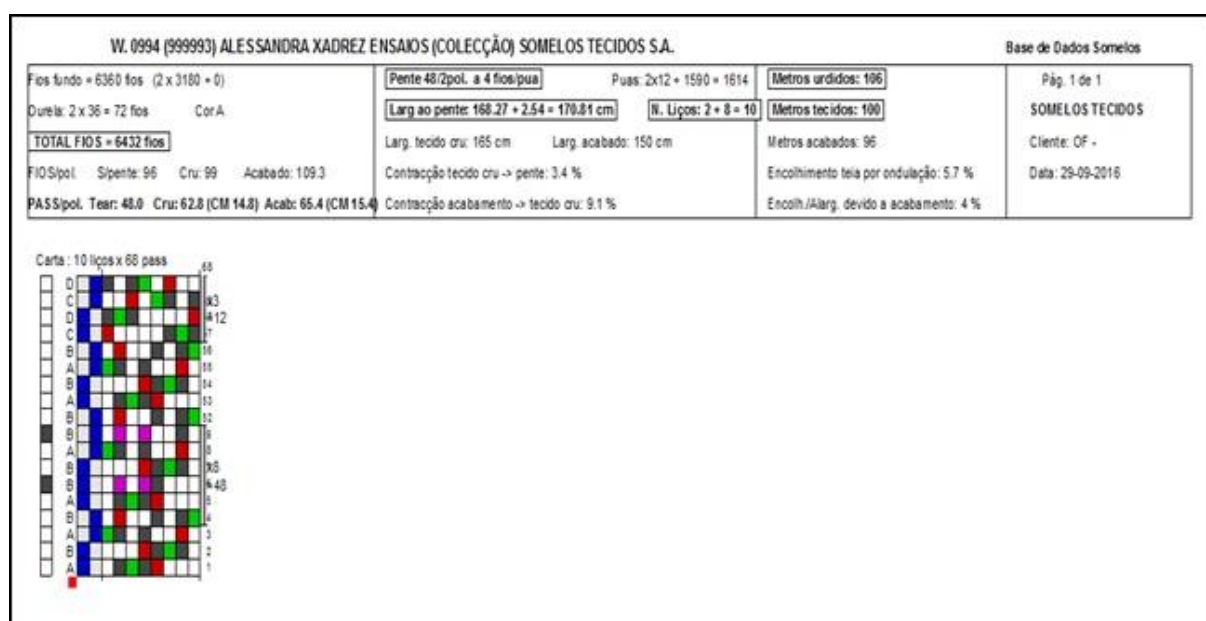


Figura Anexo I - 6 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-48-N(12/2) e T2-48-B(12/2)



Ficha Técnica D. 0994 (999993) ALESSANDRA XADREZ +PASSAG. ENSAIOS (COLEÇÃO) SOMELOS TECIDOS S.A. Base de Dados Someilos

Fios fundo = 6360 fios (2 x 3180 + 0) Pente 48/2pol. a 4 fios/pua Puas: 2x12 + 1590 = 1614 Metros urdidos: 106 Pág. 1 de 1

Ourela: 2 x 36 = 72 fios Cor A Larg ao pente: 168.27 + 2.54 = 170.81 cm N. Uços: 2 + 8 = 10 Metros tecidos: 190 SOMELOS TECIDOS

**TOTAL FIOS = 6432 fios** Larg. tecido cru: 165 cm Larg. acabado: 150 cm Metros acabados: 96 Cliente: OF -

FIOS/pol. Sipente: 96 Cru: 99 Acabado: 109.3 Contração tecido cru -> pente: 3.4 % Encolhimento teia por ondulação: 5.7 % Data: 29-09-2016

PASS/pol. Tear: 58.0 Cru: 76.1 (CM 18.1) Acab: 79.3 (CM 18.9) Contração acabamento -> tecido cru: 9.1 % Encolh./Alarg. devido a acabamento: 4 %

**TEIA 2 Fios/Rapp.** Perda: 18 %

ID.Fio	Tipo	999993	36	1	36	Our+ Fios x Rapport + Resto + Our	Total	Kg/106 m teia
A	NE 38 2 005 300 A001	3288 - CREME	36	1	36	36 + 1 x 3180 + 0 + 36	3252	12.644
B	NE 38 2 005 300 A001	3775 - VERM		1		1 x 3180 + 0	3180	12.364
			x3180=6360					
			36 +	2 x 3180 + 0	+ 36	6432	25.007	

Composição: 100%PFM

**TRAMA 84 Pas/Rapp.** Perda: 14 %

ID.Fio	Tipo	999993	1	1	1	1	1	1	Pas/Rapp.	Kg/100 m tec.
A	NE 12 2 019 410 A001	3288 - CREME	1	1	1				24	16.413
B	NE 12 2 019 410 A001	3775 - VERM	1	2	1				44	30.091
C	NE 60 2 009 340 A001	3288 - CREME					1		8	1.094
D	NE 60 2 009 340 A001	3770 - VINHO						1	8	1.094
			x2=4 x20=60 x2=4 x8=16							
									84	48.692

Composição: 96%COE 4%PFL

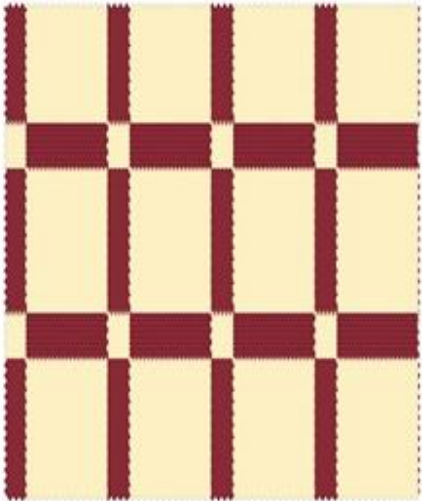
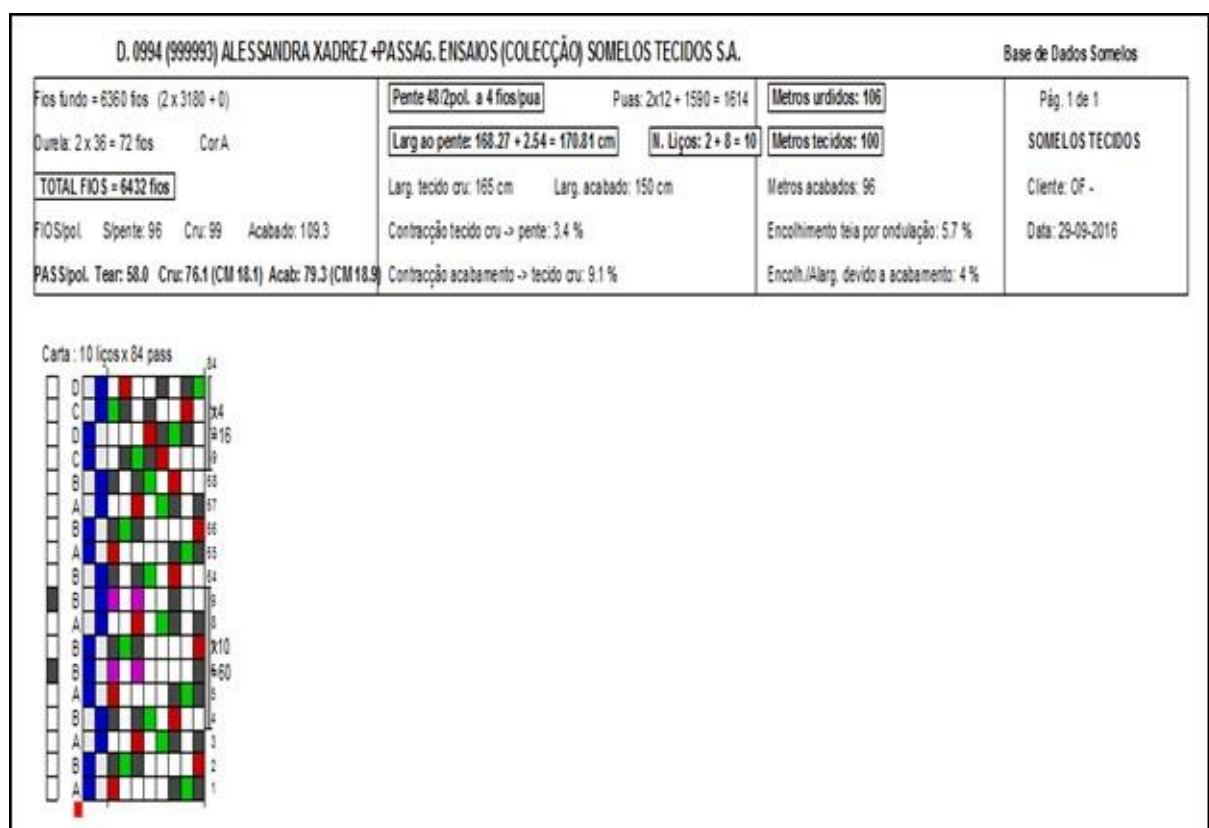


Figura Anexo I - 7 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) e T2-58-B(12/2)



**Figura Anexo I - 8** Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) e T2-58-B(12/2)



Ficha Técnica W. 0994 (999993) ALESSANDRA XADREZ +PASSAG.(CONDUTOR) EN SAIOS (COLEÇÃO) SOMELOS TECIDOS S.A.

Base de Dados SomeLOS

Fios fundo = 6360 fios (2 x 3180 + 0)

Durela: 2 x 36 = 72 fios

Cor A

TOTAL FIOS = 6432 fios

FIO S/pol. Sigente: 96

Cru: 99

Acabado: 109.3

PASS/pol. Tear: 58.0

Cru: 77.2 (CM 19.2)

Acab: 80.4 (CM 20.0)

Pente 48/2 pol. a 4 fios/pua

Puas: 2x12 + 1590 = 1614

Larg ao pente: 168.27 + 2.54 = 170.81 cm

N. Ligos: 2 + 8 = 10

Larg. tecido cru: 165 cm

Larg. acabado: 150 cm

Contracção tecido cru -> pente: 3.4 %

Contracção acabamento -> tecido cru: 9.1 %

Metros urdidos: 106

Metros tecidos: 100

Metros acabados: 96

Enchimento teia por ondulação: 5.7 %

Enchimento Alarg. devido a acabamento: 4 %

Pág. 1 de 1

SOMELOS TECIDOS

Cliente: OF -

Data: 29-09-2016

TEIA 2 Fios/Rapp.

Perda: 18 %

ID.Fio	Tipo	999993	36	1	36	0ur+ Fios x Rapport + Resto + 0ur	Total	Kg/106 m teia
A	NE 38 2 005 300 A001	3268 - CREME	36	1	36	36 + 1 x 3180 + 0	3252	12.644
B	NE 38 2 005 300 A001	3775 - VERM		1		1 x 3180 + 0	3180	12.364
			x3180=6360					
						36 + 2 x 3180 + 0	6432	25.007

Composição: 100% PFM

TRAMA 1022 Pas/Rapp.

Perda: 14 %

ID.Fio	Tipo	999993	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Pas/Rapp.	Kg/100 m tec.	
A	NE 12 2 019 410 A001	3268 - CREME	1	1	1					1	1	1						288	16.413	
B	NE 12 2 019 410 A001	3775 - VERM		1	2	1					1	2	1					528	30.091	
C	NE 60 2 009 340 A001	3268 - CREME				1		1						1				96	1.094	
D	NE 60 2 009 340 A001	3770 - VINHO					1		1							1		96	1.094	
E	NE 12 2 019 410 A001	FIO - CONDUTOR						1										14	0.798	
			x2=4				x20=60				x2=4				x8=16					
			x2=182												x10=840				1022	49.490

Composição: 96% COE 4% PFL

**Figura Anexo I - 9** Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) – com filamento condutor

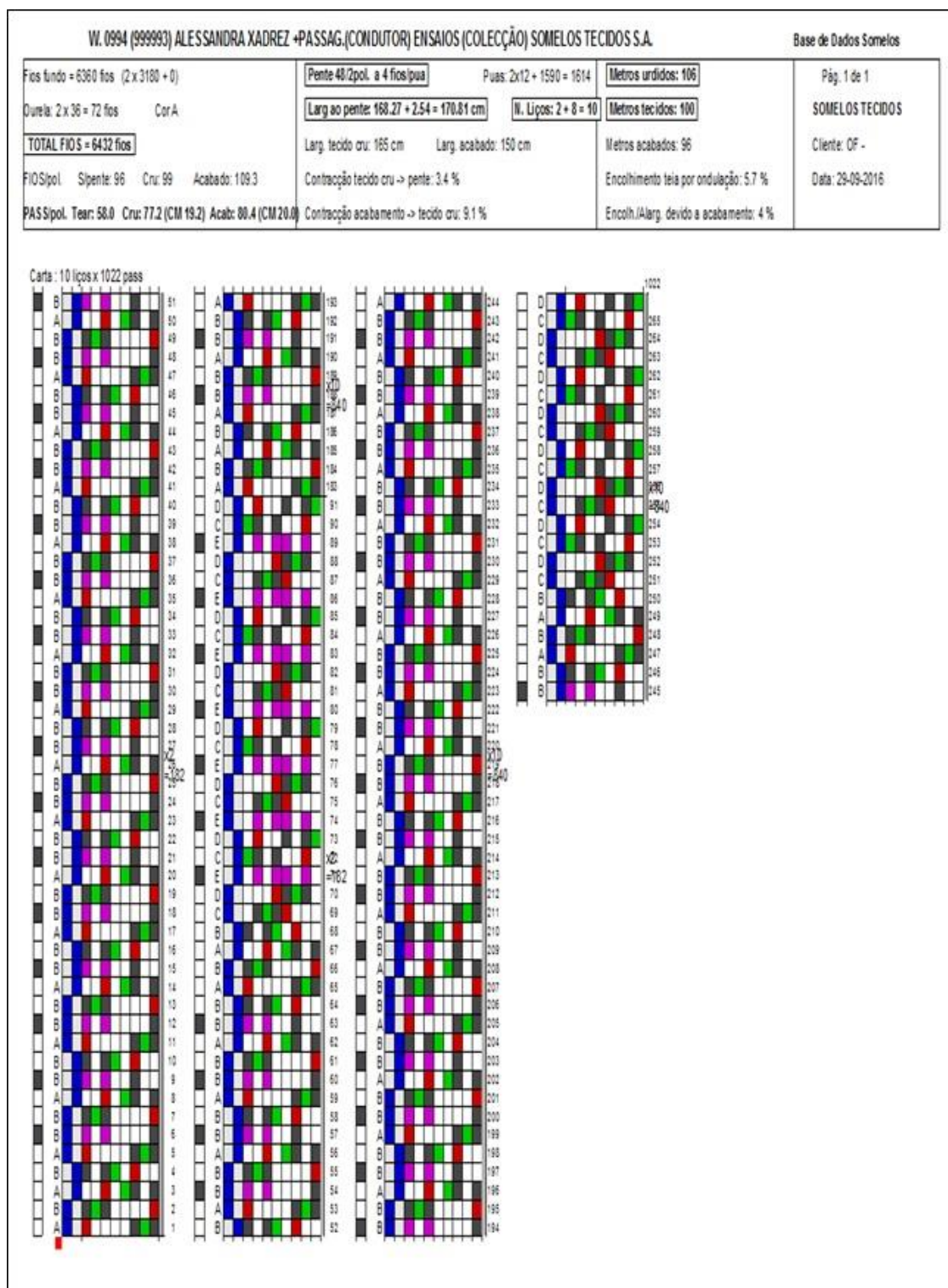


Figura Anexo I - 10 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(12/2) – com filamento condutor

Ficha Técnica W. 0994 (999993) ALESSANDRA XADREZ +PASSAG. 8/4 ENSAIOS (COLEÇÃO) SOMELOS TECIDOS S.A.										Base de Dados Somecos	
Fios fundo = 6360 fios (2 x 3180 + 0)				Pente 48/2pol. a 4 fios/pua		Pua: 2x12 + 1590 = 1614		Metros urdidos: 106		Pág. 1 de 1	
Orelha: 2 x 36 = 72 fios      Cor A				Larg ao pente: 168.27 + 2.54 = 170.81 cm		N. Ligos: 2 + 8 = 10		Metros tecidos: 100		SOMELOS TECIDOS	
TOTAL FIOS = 6432 fios				Larg. tecido cru: 165 cm		Larg. acabado: 150 cm		Metros acabados: 96		Cliente: OF -	
FIO Spol: Spente: 96      Cru: 99      Acabado: 109.3				Contração tecido cru -> pente: 3.4 %				Encolhimento tela por ondulação: 5.7 %		Data: 29-09-2016	
PASS/pol. Tear: 58.0      Cru: 76.1 (CM 18.1)      Acab: 79.3 (CM 18.9)				Contração acabamento -> tecido cru: 9.1 %				Encolh./Alarg. devido a acabamento: 4 %			

TEIA 2 Fios/Rapp.										Perda: 18 %		
ID.Fio	Tipo	999993							Our+ Fios x Rapport + Resto + Our	Total	Kg/106 m tela	
A	NE 38 2 005 300 A001	3288 - CREME	36	1				36	36 + 1 x 3180 + 0	+ 36	3252	12.644
B	NE 38 2 005 300 A001	3775 - VERM			1				1 x 3180 + 0		3180	12.364
			x3180=6360									
									36 + 2 x 3180 + 0	+ 36	6432	25.007

Composição: 100%PFM

TRAMA 84 Pas/Rapp.										Perda: 14 %		
ID.Fio	Tipo	999993							Pas/Rapp.	Kg/100 m tec.		
A	NE 12 2 019 410 A001	3288 - CREME	1	1		1				24	16.413	
B	NE 12 2 019 410 A001	3775 - VERM		1		1	1			24	16.413	
C	NE 60 2 009 340 A001	3288 - CREME						1		8	1.094	
D	NE 60 2 009 340 A001	3770 - VINHO						1		8	1.094	
E	NE 12 2 019 410 A001	CRU - 8/4		1						20	13.678	
			x2=4    x20=60    x2=4    x8=16									
									84	48.692		

Composição: 96%COE 4%PFL

**Figura Anexo I - 11** Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(8/4)

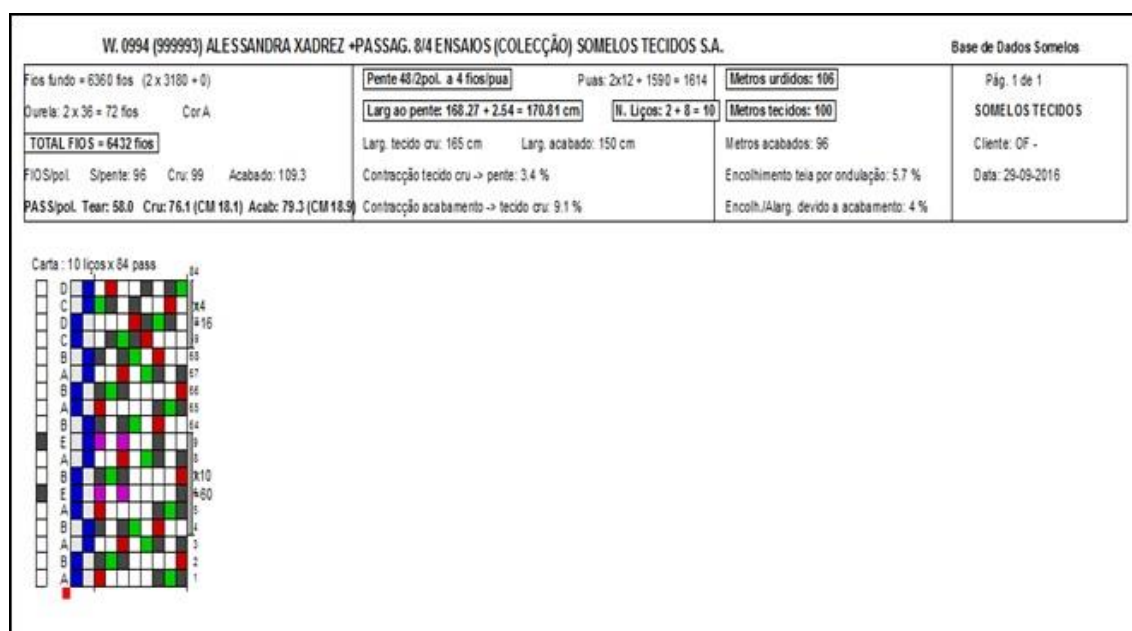


Figura Anexo I - 12 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T2-58-N(8/4)

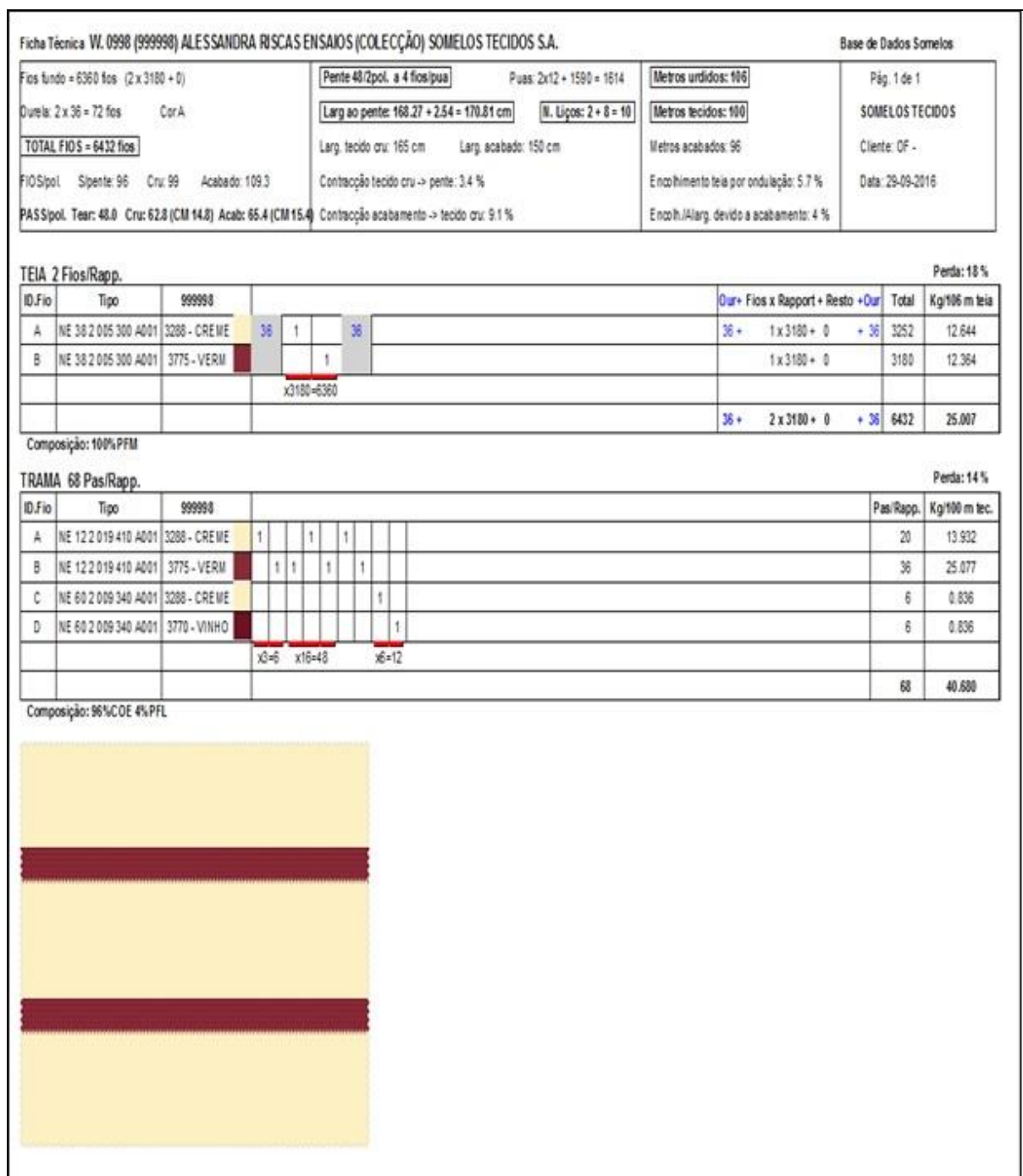


Figura Anexo I - 13 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-48-N(12/2) e T3-48-N(12/2)



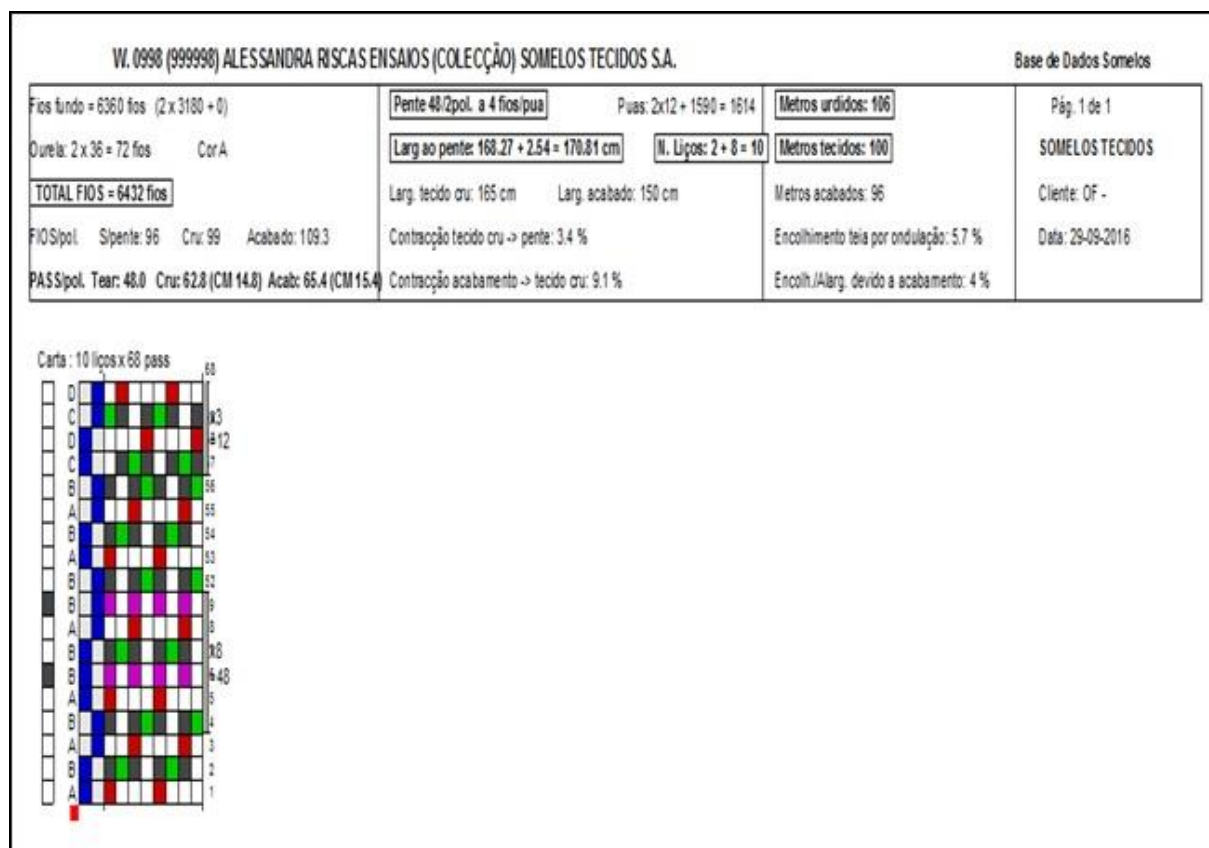


Figura Anexo I - 14 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-48-N(12/2) e T3-48-N(12/2)

Ficha Técnica D. 0998 (999998) ALESSANDRA RISCAS +PASSAG. ENSAIOS (COLEÇÃO) SOMELOS TECIDOS S.A.

Base de Dados Somecos

Fios fundo = 6360 fios (2 x 3180 + 0)

Pente 48/pol. a 4 fios/pua

Puas: 2x12 + 1590 = 1614

Metros urdidos: 106

Pág. 1 de 1

Durela: 2 x 36 = 72 fios

Cor A

Larg ao pente: 168.27 + 2.54 = 170.81 cm

N. Liços: 2 + 8 = 10

Metros tecidos: 100

SOMELOS TECIDOS

TOTAL FIOS = 6432 fios

Larg. tecido cru: 165 cm

Larg. acabado: 150 cm

Metros acabados: 96

Cliente: OF -

FIO Sipol Sipente: 96 Cru: 99 Acabado: 109.3

Contração tecido cru -> pente: 3.4 %

Enchimento teia por ondulação: 5.7 %

Data: 28-09-2016

PASSipol. Tear: 58.0 Cru: 76.1 (CM 18.1) Acab: 79.3 (CM 18.9)

Contração acabamento -> tecido cru: 9.1 %

Enchilh/Alarg. devido a acabamento: 4 %

TEIA 2 Fios/Rapp.

Pêda: 18 %

ID.Fio	Tipo	999998								Our+ Fios x Rapport + Resto + Our	Total	Kg/106 m teia	
A	NE 38 2 005 300 A001	3288 - CREME	36	1			36			36 + 1 x 3180 + 0	+ 36	3252	12.644
B	NE 38 2 005 300 A001	3775 - VERM			1					1 x 3180 + 0		3180	12.364
			x3180=6360										
										36 + 2 x 3180 + 0	+ 36	6432	25.007

Composição: 100%PFM

TRAMA 84 Pas/Rapp.

Pêda: 14 %

ID.Fio	Tipo	999998									Pas/Rapp.	Kg/100 m tec.
A	NE 12 2 019 410 A001	3288 - CREME	1	1	1						24	16.413
B	NE 12 2 019 410 A001	3775 - VERM		1	2	1					44	30.091
C	NE 60 2 009 340 A001	3288 - CREME						1			8	1.094
D	NE 60 2 009 340 A001	3770 - VINHO							1		8	1.094
			x2=4 x20=60 x2=4 x8=16									
											84	48.692

Composição: 96%COE 4%PFL

**Figura Anexo I - 15** Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(12/2) e T3-58-B(12/2)

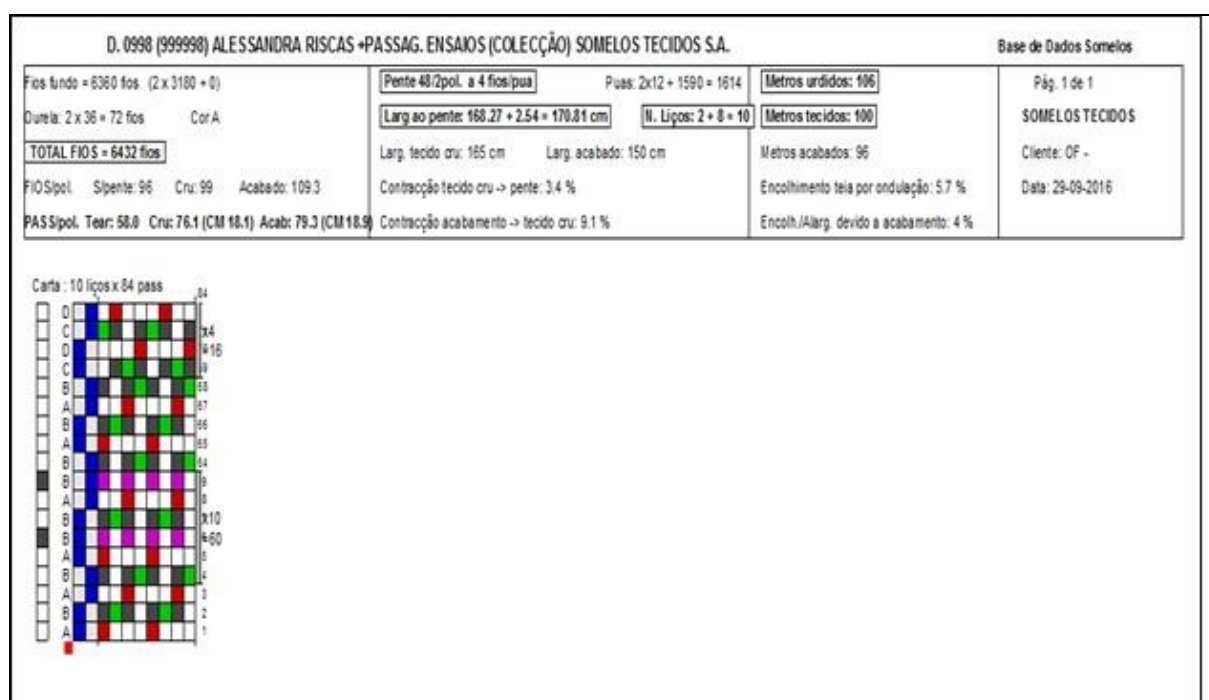


Figura Anexo I - 16 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(12/2) e T3-58-B(12/2)



Ficha Técnica D. 0998 (999998) ALESSANDRA RISCAS +PASSAG. ENSAIOS (COLEÇÃO) SOMELOS TECIDOS S.A.

Base de Dados Somecos

Fios fundo = 6360 fios (2 x 3180 + 0)

Pente 48/2 pol. a 4 fios/pua

Puas: 2x12 + 1590 = 1614

Metros urdidos: 106

Pág. 1 de 1

Ourela: 2 x 36 = 72 fios Cor A

Larg ao pente: 168.27 + 2.54 = 170.81 cm

N. Liços: 2 + 8 = 10

Metros tecidos: 100

SOMELOS TECIDOS

TOTAL FIOS = 6432 fios

Larg. tecido cru: 165 cm Larg. acabado: 150 cm

Metros acabados: 96

Cliente: OF -

FIO Spol. Spente: 96 Cru: 99 Acabado: 109.3

Contração tecido cru -> pente: 3.4 %

Encolhimento teia por ondulação: 5.7 %

Data: 29-09-2016

PASS Spol. Tear: 58.0 Cru: 76.1 (CM 18.1) Acab: 79.3 (CM 18.9)

Contração acabamento -> tecido cru: 9.1 %

Encolh./Alarg. devido a acabamento: 4 %

TEIA 2 Fios/Rapp.

Perda: 18 %

ID.Fio	Tipo	999998				Our+ Fios x Rapport + Resto + Our	Total	Kg/106 m teia
A	NE 38 2 005 300 A001	3288 - CREME	36	1	36	36 + 1 x 3180 + 0 + 36	3252	12.644
B	NE 38 2 005 300 A001	3775 - VERM		1		1 x 3180 + 0	3180	12.364
			x3180=6360					
						36 + 2 x 3180 + 0 + 36	6432	25.007

Composição: 100% PFM

TRAMA 84 Pas/Rapp.

Perda: 14 %

ID.Fio	Tipo	999998						Pas/Rapp.	Kg/100 m tec.
A	NE 12 2 019 410 A001	3288 - CREME	1	1	1			24	16.413
B	NE 12 2 019 410 A001	3775 - VERM	1	2	1			44	30.091
C	NE 60 2 009 340 A001	3288 - CREME				1		8	1.094
D	NE 60 2 009 340 A001	3770 - VINHO					1	8	1.094
			x2=4 x20=60 x2=4 x0=16						
								84	48.882

Composição: 96% COE 4% PFL




Figura Anexo I - 17 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(8/4) e T3-58-B(8/4)

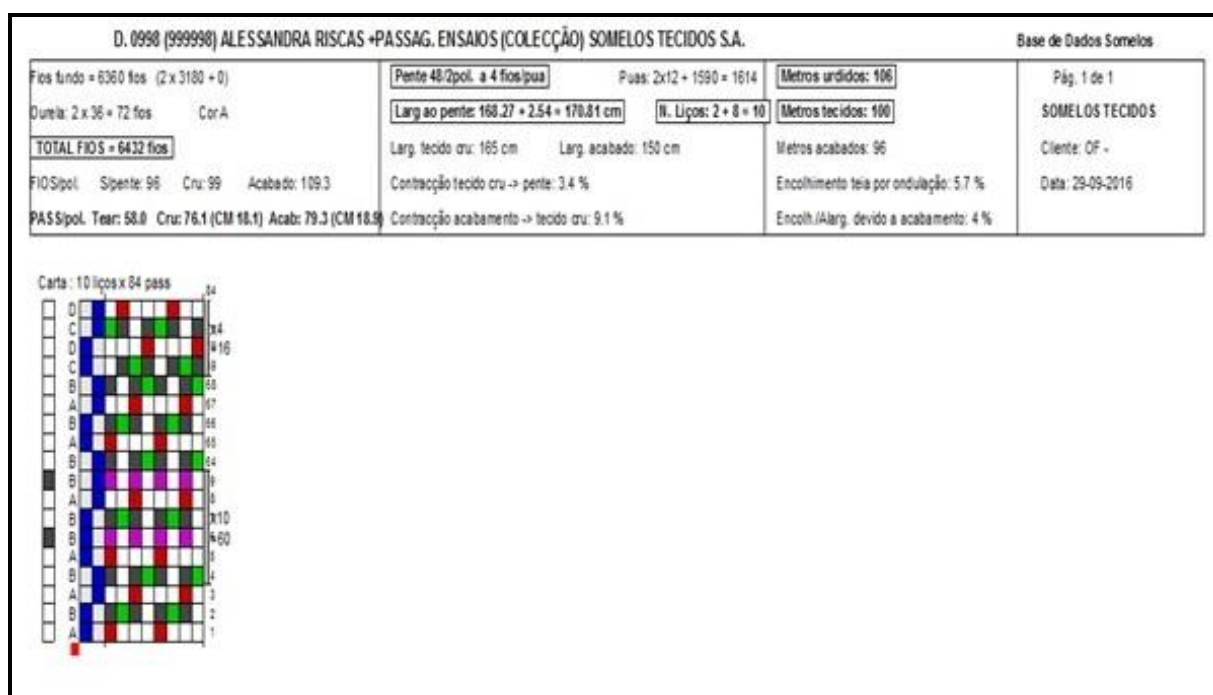


Figura Anexo I - 18 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T3-58-N(8/4) e T3-58-B(8/4)

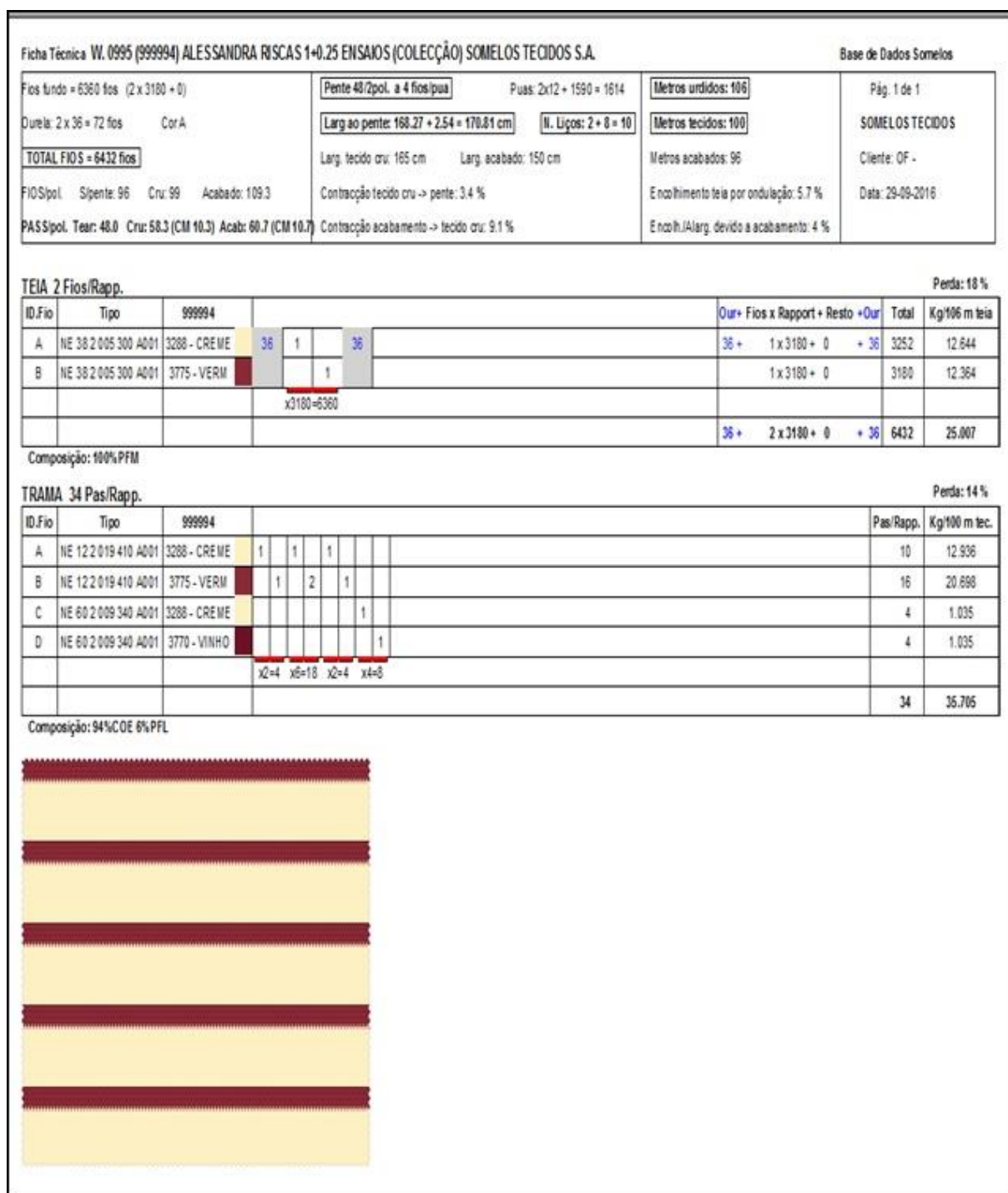


Figura Anexo I - 19 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2)

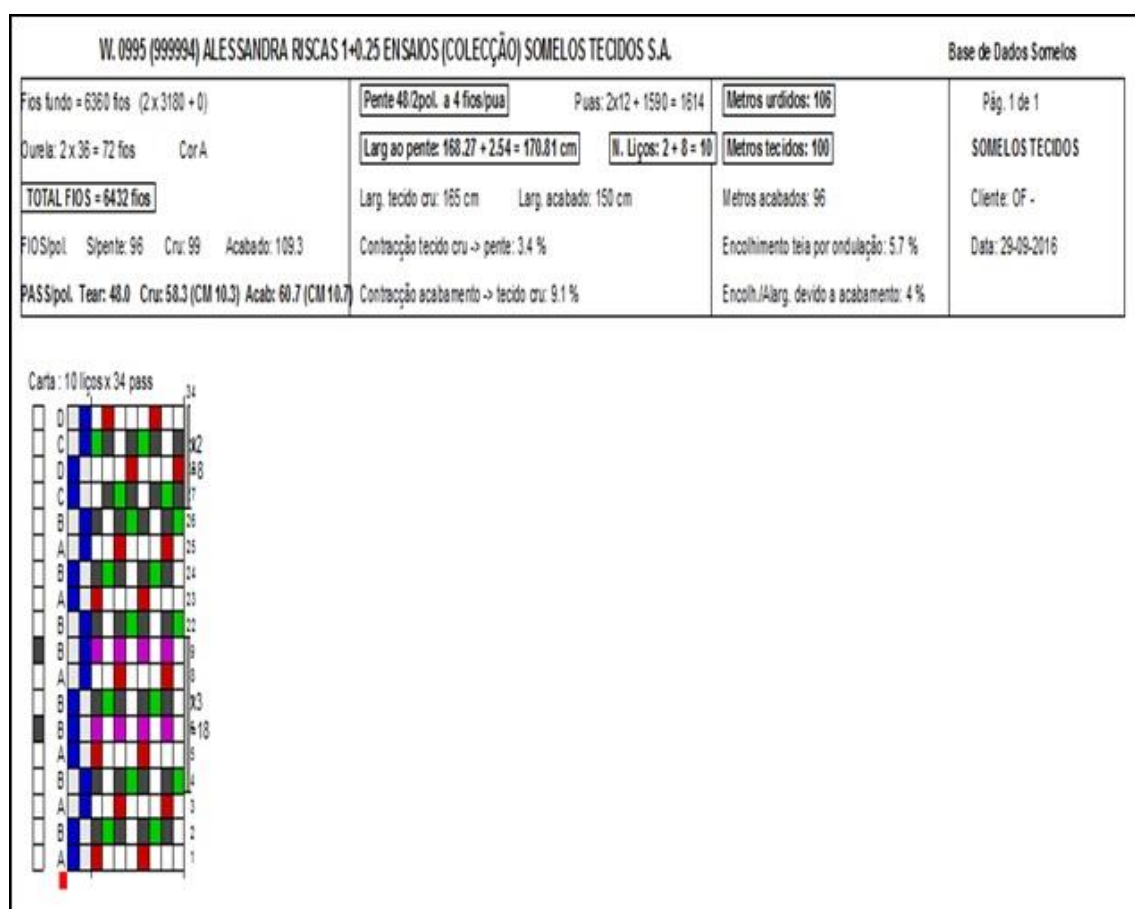


Figura Anexo I - 20 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-48-N(12/2) e T4-48-B(12/2)

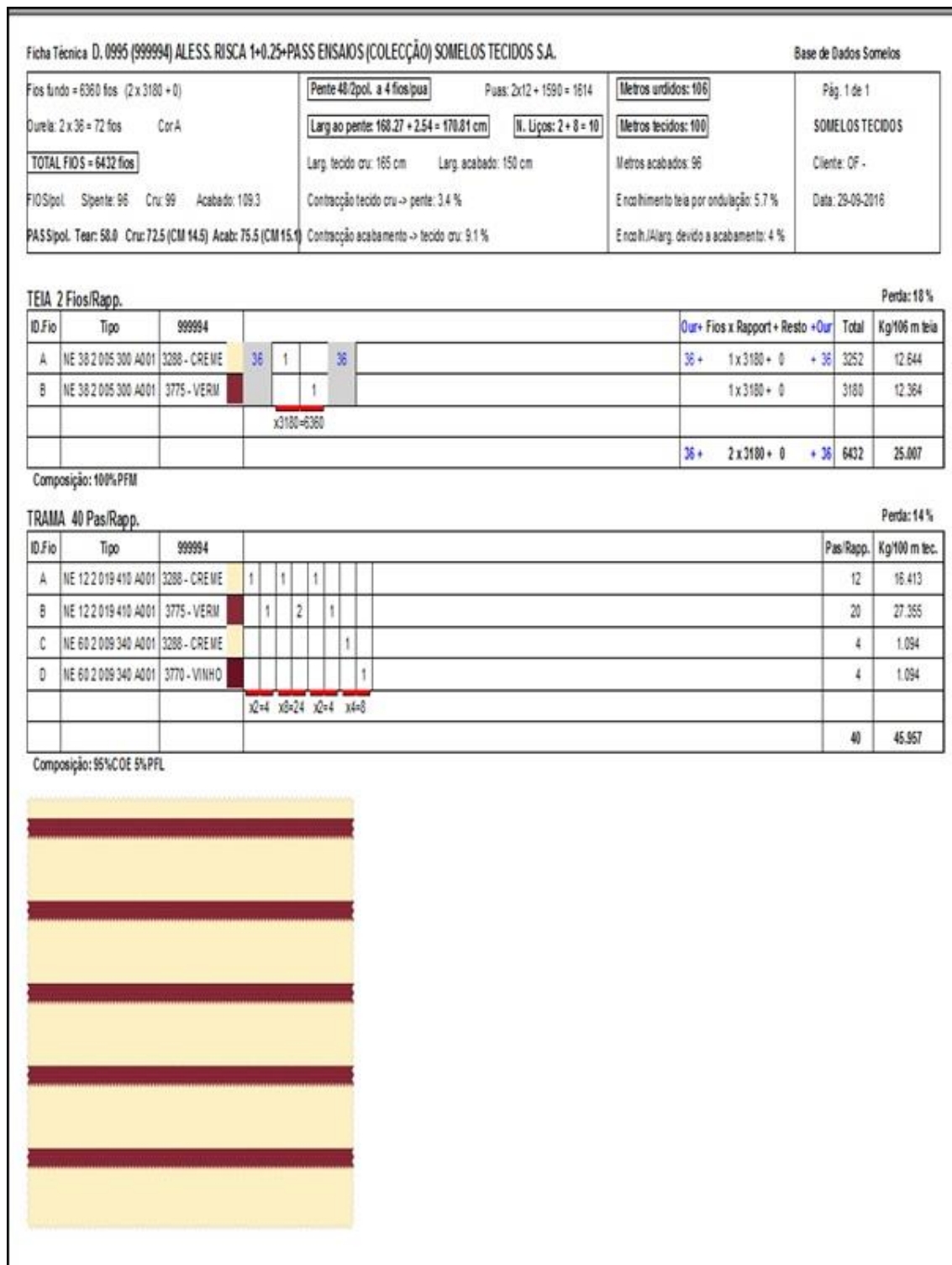
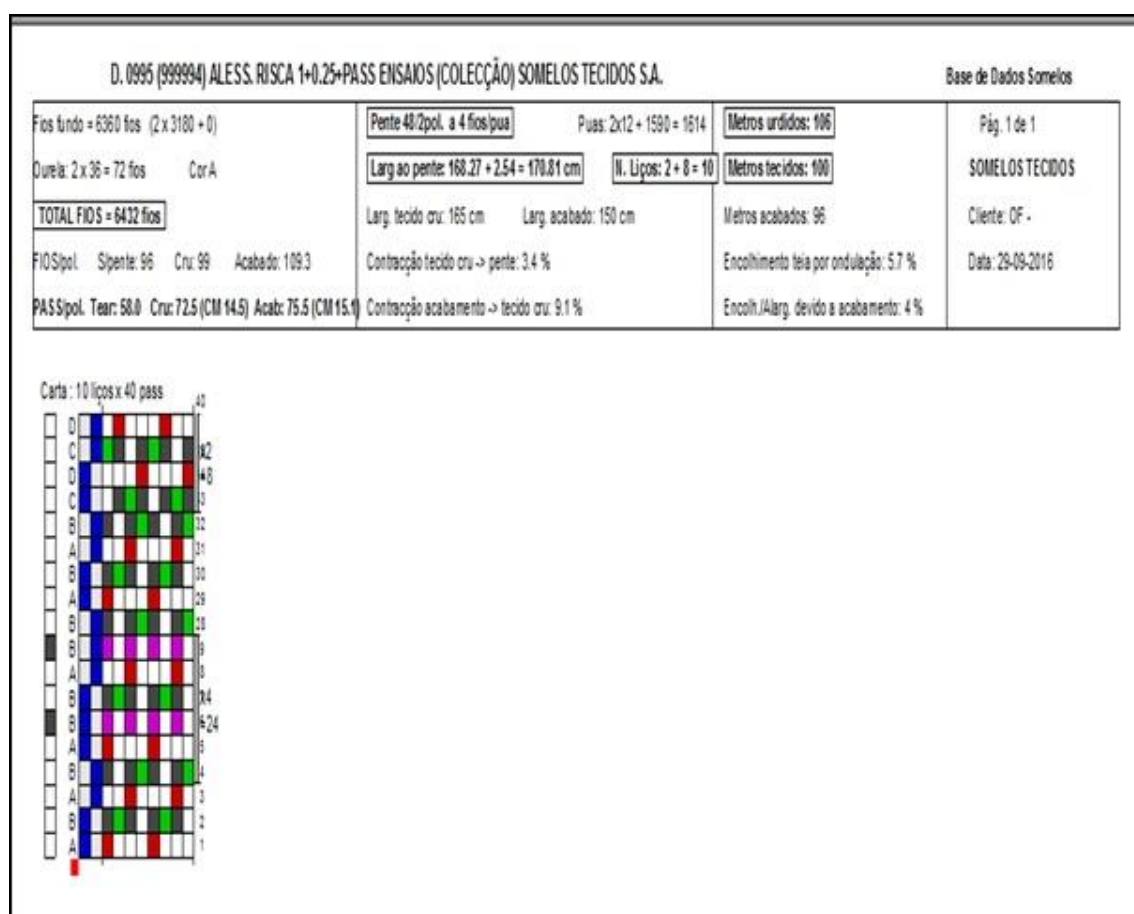


Figura Anexo I - 21 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(12/2) e T4-58-B(12/2)



**Figura Anexo I - 22** Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(12/2) e T4-58-B(12/2)

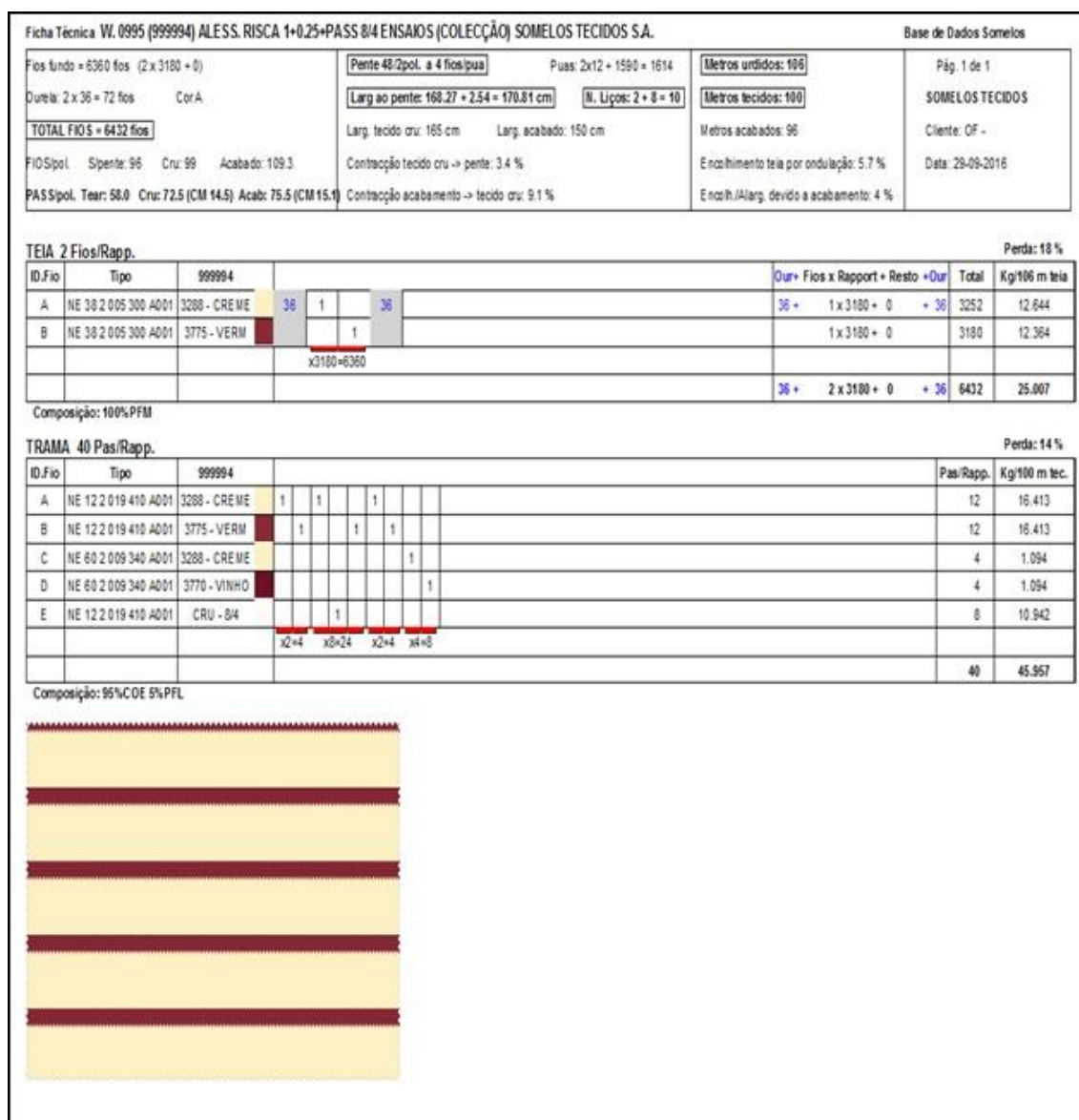
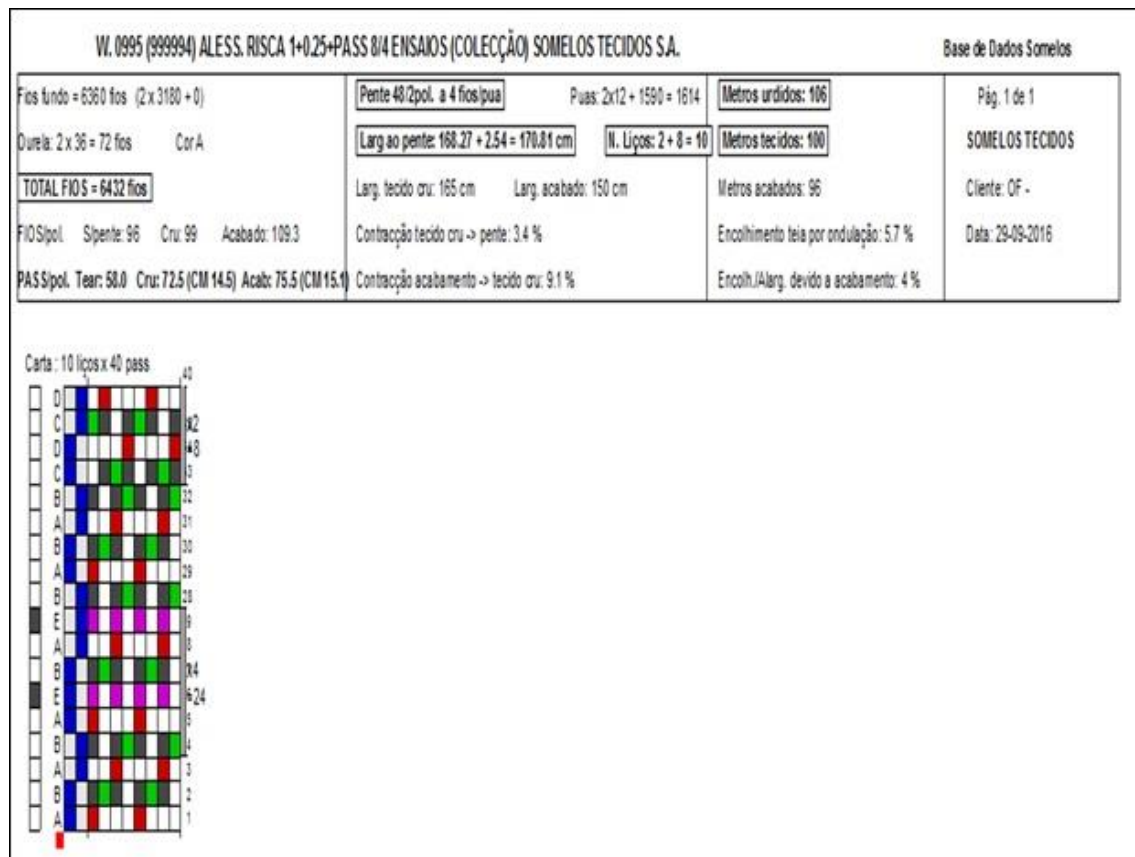


Figura Anexo I - 23 Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(8/4) e T4-58-B(8/4)





**Figura Anexo I - 24** Desenvolvimento do tecido no sistema CAD Penelope: T4-58-N(8/4) e T4-58-B(8/4)



## Anexo II – Propriedades dos tecidos

**Tabela Anexo II - 1. Massa por unidade de área dos tecidos desenvolvidos**

	Massa por unidade de área (g/m²)					
Tecido	T1-48-N(12/2)	T1-58-N(12/2)	T1-48-B(12/2)	T1-58-B(12/2)		
1 amostra	412	486	422	470		
2 amostra	440	475	422	469		
3 amostra	433	478	421	469		
Tecido (g/m²)	T2-48-N(12/2)	T2-58-N(12/2)	T2-58-N(8/4)	T2-48-B(12/2)	T2-58-B(12/2)	T2-58-B(8/4)
1 amostra	468	511	747	454	496	704
2 amostra	455	519	753	452	503	729
3 amostra	451	521	753	455	496	714
Tecido (g/m²)	T3-48-N(12/2)	T3-58-N(12/2)	T3-58-N(8/4)	T3-48-B(12/2)	T3-58-B(12/2)	T3-58-B(8/4)
1 amostra	458	519	835	455	507	823
2 amostra	469	521	867	449	501	825
3 amostra	461	527	823	435	501	791
Tecido (g/m²)	T4-48-N(12/2)	T4-58-N(12/2)	T4-58-N(8/4)	T4-48-B(12/2)	T4-58-B(12/2)	T4-58-B(8/4)
1 amostra	426	485	746	420	469	740
2 amostra	437	496	782	417	459	721
3 amostra	436	480	726	420	466	732

**Tabela Anexo II - 2. Espessura dos tecidos desenvolvidos**

Tecido	Espessura (mm)					
	T1-48- N(12/2)	T1-58- N(12/2)	T1-48- B(12/2)	T1-58- B(12/2)		
1 amostra	2,96	3,3	2,82	3,39		
2 amostra	2,93	3,21	2,8	3,23		
3 amostra	2,89	3,37	2,93	3,5		
4 amostra	2,86	3,38	3,08	3,47		
5 amostra	2,79	3,55	3,07	3,35		
Tecido	T2-48- N(12/2)	T2-58- N(12/2)	T2-58- N(8/4)	T2-48- B(12/2)	T2-58- B(12/2)	T2-58- B(8/4)
1 amostra	3,19	4,1	5,27	3,2	3,44	4,72
2 amostra	3,22	3,79	5,16	3,28	3,48	5,2
3 amostra	3,15	3,88	5,25	3,18	3,48	4,71
4 amostra	3,35	3,69	5,18	3,18	3,35	4,94
5 amostra	3,21	4,12	5,16	3,4	3,49	4,78
Tecido	T3-48- N(12/2)	T3-58- N(12/2)	T3-58- N(8/4)	T3-48- B(12/2)	T3-58- B(12/2)	T3-58- B(8/4)
1 amostra	3,75	4,54	6,68	3,79	4,65	6,77
2 amostra	3,76	4,47	6,93	3,94	4,12	6,76
3 amostra	4,12	4,19	6,66	3,82	4,52	7,1
4 amostra	3,8	4,76	6,97	3,68	4,09	7,18
5 amostra	3,51	4,14	7,03	3,48	4,02	7,09
Tecido	T4-48- N(12/2)	T4-58- N(12/2)	T4-58- N(8/4)	T4-48- B(12/2)	T4-58- B(12/2)	T4-58- B(8/4)
1 amostra	3,48	3,96	5	3,63	3,7	5,25
2 amostra	3,46	3,5	5,42	3,5	3,79	5,33
3 amostra	3,65	3,65	5,52	3,71	3,61	5,35
4 amostra	3,49	3,48	5,36	3,55	3,66	5,63
5 amostra	3,6	3,41	5,48	3,41	3,68	5,37

**Tabela Anexo II - 3. Densidade dos tecidos desenvolvidos**

	Densidade (g/cm³)					
Tecido	T1-48-N(12/2)	T1-58-N(12/2)	T1-48-B(12/2)	T1-58-B(12/2)		
1 amostra	0,14	0,15	0,15	0,14		
2 amostra	0,15	0,15	0,15	0,15		
3 amostra	0,15	0,14	0,14	0,13		
Tecido (g/m²)	T2-48-N(12/2)	T2-58-N(12/2)	T2-58-N(8/4)	T2-48-B(12/2)	T2-58-B(12/2)	T2-58-B(8/4)
1 amostra	0,15	0,12	0,14	0,14	0,14	0,15
2 amostra	0,14	0,14	0,15	0,14	0,14	0,14
3 amostra	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15
Tecido (g/m²)	T3-48-N(12/2)	T3-58-N(12/2)	T3-58-N(8/4)	T3-48-B(12/2)	T3-58-B(12/2)	T3-58-B(8/4)
1 amostra	0,12	0,11	0,13	0,12	0,11	0,12
2 amostra	0,12	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12
3 amostra	0,11	0,13	0,12	0,11	0,11	0,11
Tecido (g/m²)	T4-48-N(12/2)	T4-58-N(12/2)	T4-58-N(8/4)	T4-48-B(12/2)	T4-58-B(12/2)	T4-58-B(8/4)
1 amostra	0,12	0,12	0,15	0,12	0,13	0,14
2 amostra	0,13	0,14	0,14	0,12	0,12	0,14
3 amostra	0,12	0,13	0,13	0,11	0,13	0,14

**Tabela Anexo II - 4. Porosidade dos tecidos desenvolvidos**

Porosidade (%)						
	T1-48-N(12/2)	T1-58-N(12/2)	T1-48-B(12/2)	T1-58-B(12/2)		
1 amostra	0,910	0,905	0,903	0,911		
2 amostra	0,903	0,905	0,903	0,906		
3 amostra	0,903	0,908	0,907	0,914		
Tecido (g/m²)	T2-48-N(12/2)	T2-58-N(12/2)	T2-58-N(8/4)	T2-48-B(12/2)	T2-58-B(12/2)	T2-58-B(8/4)
1 amostra	0,905	0,920	0,909	0,908	0,907	0,904
2 amostra	0,909	0,912	0,906	0,911	0,907	0,910
3 amostra	0,908	0,913	0,907	0,908	0,908	0,902
Tecido (g/m²)	T3-48-N(12/2)	T3-58-N(12/2)	T3-58-N(8/4)	T3-48-B(12/2)	T3-58-B(12/2)	T3-58-B(8/4)
1 amostra	0,921	0,926	0,919	0,923	0,930	0,922
2 amostra	0,920	0,925	0,919	0,926	0,922	0,921
3 amostra	0,928	0,919	0,920	0,927	0,928	0,928
Tecido (g/m²)	T4-48-N(12/2)	T4-58-N(12/2)	T4-58-N(8/4)	T4-48-B(12/2)	T4-58-B(12/2)	T4-58-B(8/4)
1 amostra	0,921	0,921	0,904	0,925	0,918	0,909
2 amostra	0,919	0,909	0,907	0,923	0,922	0,913
3 amostra	0,923	0,915	0,915	0,927	0,917	0,912

**Tabela Anexo II - 5. Rigidez ao corte dos tecidos desenvolvidos**

Rigidez ao corte (gf/cm/°)											
Tecido	Teia	Trama	Tecido 2	Teia	Trama	Tecido 3	Teia	Trama	Tecido 4	Teia	Trama
<b>T1-48-N(12/2)</b>	0,63	0,67	<b>T2-48-N(12/2)</b>	0,73	0,7	<b>T3-48-N(12/2)</b>	0,61	0,59	<b>T4-48-N(12/2)</b>	0,72	0,76
	0,77	0,72		0,77	0,66		0,63	0,59		0,93	0,74
	0,8	0,9		0,74	0,68		0,66	0,57		0,88	0,77
<b>T1-58-N(12/2)</b>	1,3	1,32	<b>T2-58-N(12/2)</b>	1,24	1,15	<b>T3-58-N(12/2)</b>	1,02	1,08	<b>T4-58-N(12/2)</b>	0,88	0,85
	1,33	1,28		1,36	1,15		0,98	0,91		0,95	0,84
	1,47	1,34		1,27	1,13		0,98	0,9		1,01	0,88
<b>T1-48-B(12/2)</b>	0,59	0,62	<b>T2-58-N(8/4)</b>	1,32	1,21	<b>T3-58-N(8/4)</b>	1,14	1,12	<b>T3-58-B(8/4)</b>	0,98	0,99
	0,61	0,62		1,44	1,21		1,11	1,09		0,95	0,93
	0,61	0,59		1,39	1,21		1,07	1,1		0,97	0,95
<b>T1-58-B(12/2)</b>	0,98	0,92	<b>T2-48-B(12/2)</b>	0,64	0,62	<b>T3-48-B(12/2)</b>	0,57	0,69	<b>T4-48-B(12/2)</b>	0,43	0,46
	0,94	0,92		0,65	0,6		0,58	0,64		0,48	0,52
	0,92	0,96		0,68	0,57		0,63	0,61		0,48	0,5
			<b>T2-58-B(12/2)</b>	0,99	0,95	<b>T3-58-B(12/2)</b>	0,84	0,87	<b>T4-58-B(12/2)</b>	0,76	0,79
				0,96	0,97		0,72	0,84		0,78	0,79
				0,99	0,92		0,72	0,9		0,83	0,8
			<b>T2-58-B(8/4)</b>	1,16	0,95	<b>T3-58-B(8/4)</b>	0,9	0,94	<b>T4-58-B(8/4)</b>	0,83	0,81
				1,08	0,93		0,92	0,87		0,86	0,83
				1,02	0,93		0,92	0,88		0,88	0,81

**Tabela Anexo II - 6. Histerese da tensão de corte dos tecidos desenvolvidos**

Histerese da tensão de corte (Gf/cm)											
Tecido	Teia	Trama	Tecido 2	Teia	Trama	Tecido 3	Teia	Trama	Tecido 4	Teia	Trama
T1-48- N(12/2)	3,71	3,17	T2-48- N(12/2)	4,04	3,56	T3-48- N(12/2)	3,53	2,96	T4-48- N(12/2)	4,54	4,32
	4,08	3,48		4,21	3,52		3,62	3,04		6,6	4,32
	4,11	3,34		4,19	3,57		3,61	3,04		6,37	4,36
T1-58- N(12/2)	8,34	7,08	T2-58- N(12/2)	7,28	6,72	T3-58- N(12/2)	6,34	6,49	T4-58- N(12/2)	6,16	5,12
	7,68	6,95		7,77	6,74		6,35	7,02		6,52	5,15
	8,42	7,24		7,52	6,82		6,52	7,08		6,83	5,26
T1-48- B(12/2)	2,93	2,96	T2-58- N(8/4)	7,66	7,07	T3-58- N(8/4)	6,72	6,74	T3-58- B(8/4)	6,38	5,86
	3,14	2,96		8,26	6,92		6,83	6,7		6,33	5,81
	3,16	2,9		8,43	6,92		6,82	6,68		6,46	5,79
T1-58- B(12/2)	4,98	4,75	T2-48- B(12/2)	3,75	3,05	T3-48- B(12/2)	3,26	3,43	T4-48- B(12/2)	2,66	2,16
	5	4,75		3,74	3,02		3,31	3,27		2,75	2,36
	5,08	5,05		4,03	3,01		3,59	3,24		2,85	2,36
			T2-58- B(12/2)	5,79	5,67	T3-58- B(12/2)	4,84	4,92	T4-58- B(12/2)	5,02	4,41
				5,78	5,76		5,07	4,88		5,2	4,47
				5,79	5,75		5,05	5,02		5,49	4,46
			T2-58- B(8/4)	6,72	5,24	T3-58- B(8/4)	5,56	5,58	T4-58- B(8/4)	5,62	4,81
				6,43	5,2		5,89	5,5		5,82	4,78
				6,43	5,17		5,96	5,52		6,06	4,89

Tabela Anexo II - 7. Rigidez à flexão

Rigidez à flexão (g.cm)											
Tecido	Teia	Trama	Tecido 2	Teia	Trama	Tecido 3	Teia	Trama	Tecido 4	Teia	Trama
T1-48- N(12/2)	0,95	1,17	T2-48- N(12/2)	1,29	1,47	T3-48- N(12/2)	1,69	1,97	T4-48- N(12/2)	1,35	1,67
	0,95	1,16		1,30	1,49		1,71	1,98		1,36	1,68
	0,95	1,17		1,30	1,47		1,69	1,97		1,36	1,68
	1,26	1,97		1,47	1,71		1,92	2,33		1,54	1,91
T1-58- N(12/2)	1,17	1,89	T2-58- N(12/2)	1,48	1,71	T3-58- N(12/2)	1,92	2,33	T4-58- N(12/2)	1,55	1,91
	1,17	1,89		1,48	1,71		1,92	2,33		1,54	1,91
	0,88	1,14		2,34	2,79		3,19	3,93		2,58	3,01
	0,83	1,15		2,34	2,79		3,21	4,04		2,56	2,99
T1-48- B(12/2)	0,88	1,14	T2-58- N(8/4)	2,34	2,79	T3-58- N(8/4)	3,19	3,99	T3-58- B(8/4)	2,58	3,00
	1,09	1,84		1,28	1,45		1,62	1,90		1,30	1,62
	1,09	1,84		1,29	1,45		1,62	1,88		1,30	1,61
	1,03	1,84		1,29	1,46		1,61	1,90		1,30	1,61
T1-58- B(12/2)			T2-48- B(12/2)	1,40	1,62	T3-48- B(12/2)	1,85	2,23	T4-48- B(12/2)	1,47	1,81
				1,40	1,63		1,85	2,23		1,47	1,80
				1,40	1,63		1,85	2,23		1,47	1,81
				2,21	2,63		3,07	3,73		2,51	2,91
			T2-58- B(8/4)	2,21	2,63	T3-58- B(8/4)	3,08	3,73	T4-58- B(8/4)	2,48	2,91
				2,21	2,63		3,07	3,73		2,51	2,91

Tabela Anexo II - 8. Módulo de flexão (N/m²) dos tecidos desenvolvidos

Módulo de flexão (N/m²)											
Tecido	Teia	Trama	Tecido 2	Teia	Trama	Tecido 3	Teia	Trama	Tecido 4	Teia	Trama
T1-48-N(12/2)	472,58	519,46	T2-48-N(12/2)	464,65	529,23	T3-48-N(12/2)	368,53	431,89	T4-48-N(12/2)	366,37	452,63
	472,58	522,15		466,94	536,76		373,56	433,74		367,24	454,64
	472,58	522,15		466,94	529,23		368,53	430,03		367,24	454,64
T1-58-N(12/2)	385,85	405,63	T2-58-N(12/2)	298,21	345,22	T3-58-N(12/2)	270,37	328,36	T4-58-N(12/2)	395,36	491,37
	357,40	415,77		299,68	345,22		270,37	328,36		399,12	491,37
	357,40	415,77		299,68	345,22		270,37	328,36		397,24	490,28
T1-48-B(12/2)	431,32	457,72	T2-58-N(8/4)	199,40	237,77	T3-58-N(8/4)	116,68	143,51	T3-58-B(8/4)	196,54	229,02
	408,22	455,28		199,40	237,77		117,20	147,74		195,18	228,01
	431,32	457,72		199,40	237,77		116,68	145,62		196,54	228,52
T1-58-B(12/2)	331,64	349,40	T2-48-B(12/2)	447,84	506,48	T3-48-B(12/2)	383,21	449,19	T4-48-B(12/2)	335,27	416,18
	331,64	351,21		450,05	507,68		383,21	445,34		335,27	414,33
	314,49	349,40		450,05	510,08		381,47	449,19		335,27	414,33
			T2-58-B(12/2)	409,19	472,80	T3-58-B(12/2)	279,11	336,83	T4-58-B(12/2)	353,29	436,19
				409,19	477,26		279,11	336,83		353,29	434,26
				409,19	476,14		279,11	336,83		353,29	436,19
			T2-58-B(8/4)	224,95	268,38	T3-58-B(8/4)	107,43	130,52	T4-58-B(8/4)	192,30	223,10
				224,95	268,38		107,67	130,52		190,09	223,10
				224,95	268,38		107,43	130,52		192,30	223,10

**Tabela Anexo II - 9. Coeficiente de atrito cinético dos tecidos desenvolvidos**

Coeficiente de atrito cinético						
Tecido	T1-48-N(12/2)	T1-58-N(12/2)	T1-48-B(12/2)	T1-58-B(12/2)		
1 amostra	0,34	0,33	0,34	0,34		
2 amostra	0,31	0,32	0,33	0,31		
3 amostra	0,31	0,31	0,36	0,33		
4 amostra	0,33	0,31	0,36	0,32		
5 amostra	0,33	0,31	0,33	0,33		
Tecido	T2-48-N(12/2)	T2-58-N(12/2)	T2-58-N(8/4)	T2-48-B(12/2)	T2-58-B(12/2)	T2-58-B(8/4)
1 amostra	0,33	0,33	0,44	0,33	0,31	0,50
2 amostra	0,31	0,32	0,44	0,32	0,33	0,45
3 amostra	0,35	0,31	0,41	0,34	0,34	0,46
4 amostra	0,32	0,32	0,45	0,30	0,35	0,46
5 amostra	0,31	0,33	0,44	0,34	0,35	0,46
Tecido	T3-48-N(12/2)	T3-58-N(12/2)	T3-58-N(8/4)	T3-48-B(12/2)	T3-58-B(12/2)	T3-58-B(8/4)
1 amostra	0,33	0,33	0,51	0,38	0,36	0,57
2 amostra	0,36	0,35	0,49	0,39	0,36	0,56
3 amostra	0,34	0,36	0,50	0,35	0,34	0,50
4 amostra	0,35	0,33	0,52	0,36	0,31	0,52
5 amostra	0,37	0,36	0,52	0,37	0,33	0,53
Tecido	T4-48-N(12/2)	T4-58-N(12/2)	T4-58-N(8/4)	T4-48-B(12/2)	T4-58-B(12/2)	T4-58-B(8/4)
1 amostra	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4
2 amostra	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4
3 amostra	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4
4 amostra	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4
5 amostra	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5



Tabela Anexo II - 10. Permeabilidade ao ar dos tecidos desenvolvidos

Tecido	Permeabilidade e ao ar (l/m²/s)	Tecido	Permeabilidade e ao ar (l/m²/s)	Tecido	Permeabilidade e ao ar (l/m²/s)	Tecido	Permeabilidade e ao ar (l/m²/s)
T1-48- N(12/2)	728	T2-48- N(12/2)	660	T3-48- N(12/2)	931	T4-48- N(12/2)	900
	681		658		900		939
	680		659		903		924
	722		697		873		878
	655		690		891		898
	646		650		892		928
	688		635		831		882
	734		650		868		888
	675		649		840		900
	672		649		840		895
T1-58- N(12/2)	406	T2-58- N(12/2)	433	T3-58- N(12/2)	562	T4-58- N(12/2)	585
	407		447		588		611
	457		449		550		594
	444		469		561		604
	451		438		617		591
	421		442		560		571
	413		465		564		593
	428		449		563		561
	461		450		570		585
	424		451		560		590
T1-48- B(12/2)	689	T2-58- N(8/4)	423	T3-58- N(8/4)	634	T4-58- N(8/4)	595
	748		370		637		578
	742		357		624		570
	747		349		628		594
	727		355		664		609
	757		347		666		579
	738		371		664		572
	705		371		665		544
	722		378		610		547
	764		401		614		578
T1-58- B(12/2)	451	T2-48- B(12/2)	695	T3-48- B(12/2)	935	T4-48- B(12/2)	1000
	459		684		918		985
	469		720		899		986
	470		701		957		976
	463		710		954		988

	464		719		955		963
	478		718		924		990
	476		710		934		968
	464		727		936		1000
	476		730		936		999
		<b>T2-58-B(12/2)</b>	455	<b>T3-58-B(12/2)</b>	629	<b>T4-58-B(12/2)</b>	618
			522		648		618
			468		678		613
			459		606		616
			472		621		615
			462		621		590
			469		626		615
			495		673		617
			482		663		620
			509		650		615
		<b>T2-58-B(8/4)</b>	350	<b>T3-58-B(8/4)</b>	721	<b>T4-58-B(8/4)</b>	610
			398		739		639
			375		708		655
			378		697		611
			406		684		618
			378		718		619
			355		728		615
			370		700		630
			369		724		640
			370		725		615

**Tabela Anexo II - 11. Resistência térmica dos tecidos desenvolvidos**

Resistência térmica ((x10 <sup>3</sup> )m².K/w)						
Tecido	T1-48-N(12/2)	T1-58-N(12/2)	T1-48-B(12/2)	T1-58-B(12/2)		
1 amostra	57,5	66,8	54,6	58,1		
2 amostra	54	60,1	48	57,1		
3 amostra	55,4	67,3	54	60,9		
4 amostra	53	65,8	57	56,3		
5 amostra	50,6	65,9	59,1	61,4		
Tecido	T2-48-N(12/2)	T2-58-N(12/2)	T2-58-N(8/4)	T2-48-B(12/2)	T2-58-B(12/2)	T2-58-B(8/4)
1 amostra	58,4	70,7	74,5	62	67	81,7
2 amostra	59,3	72,8	82	59,3	60,6	78,3
3 amostra	56,4	69,7	76,8	59,6	64,9	83
4 amostra	63,8	69,1	77,8	61,1	61,4	82,2
5 amostra	58,5	70,6	75,4	59,5	65,3	77,9
Tecido	T3-48-N(12/2)	T3-58-N(12/2)	T3-58-N(8/4)	T3-48-B(12/2)	T3-58-B(12/2)	T3-58-B(8/4)
1 amostra	66,4	77,1	94,3	73	83,1	102
2 amostra	63,9	81,3	98	70	74,6	100
3 amostra	72,9	74,3	103	68,9	74,6	105
4 amostra	66,5	76,2	101	63	73,1	102
5 amostra	65,6	73,6	103	67,1	73,2	98,4
Tecido	T4-48-N(12/2)	T4-58-N(12/2)	T4-58-N(8/4)	T4-48-B(12/2)	T4-58-B(12/2)	T4-58-B(8/4)
1 amostra	63,1	71,3	77,8	64,4	62,4	84,1
2 amostra	62,8	65,3	82,4	65,1	67	81,8
3 amostra	66,2	64,7	88	62,2	66,9	82,3
4 amostra	61,8	62,2	78,3	61,1	64,8	82,1
5 amostra	64,6	65,4	80,2	60,6	65,7	84

Tabela Anexo II - 12. Absortividade térmica dos tecidos desenvolvidos

Absortividade térmica ( $Ws^{1/2}/m^2 \text{ } ^\circ K$ )						
Tecido	T1-48-N(12/2)	T1-58-N(12/2)	T1-48-B(12/2)	T1-58-B(12/2)		
1 amostra	70,1	90,9	82,2	105		
2 amostra	92,2	101	99,5	108		
3 amostra	79,6	99,9	80,9	91,8		
4 amostra	93,8	96,9	95,3	112		
5 amostra	94,7	95,2	64,1	112		
Tecido	T2-48-N(12/2)	T2-58-N(12/2)	T2-58-N(8/4)	T2-48-B(12/2)	T2-58-B(12/2)	T2-58-B(8/4)
1 amostra	112	97,3	105	101	117	111
2 amostra	87,6	114	102	112	130	97,3
3 amostra	88,6	105	105	96,4	125	93,7
4 amostra	105	103	97,8	101	120	93,7
5 amostra	108	105	94,9	99,9	114	138
Tecido	T3-48-N(12/2)	T3-58-N(12/2)	T3-58-N(8/4)	T3-48-B(12/2)	T3-58-B(12/2)	T3-58-B(8/4)
1 amostra	138	128	122	119	120	127
2 amostra	125	107	109	124	131	99,5
3 amostra	120	144	122	119	133	108
4 amostra	114	137	101	132	127	84,6
5 amostra	119	133	88,8	126	120	120
Tecido	T4-48-N(12/2)	T4-58-N(12/2)	T4-58-N(8/4)	T4-48-B(12/2)	T4-58-B(12/2)	T4-58-B(8/4)
1 amostra	149	136	109	137	157	94,6
2 amostra	139	145	76,5	141	106	97
3 amostra	135	137	80,4	142	135	143
4 amostra	137	156	152	137	148	142
5 amostra	136	130	131	141	151	109

**Tabela Anexo II - 13.** Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 1

Tempo (min)	Atura (cm) Teia				Altura (cm) Trama			
	T1-48- N(12/2)- teia	T1-58- N(12/2)-teia	T1-48- B(12/2)- teia	T1-58- B(12/2)- teia	T1-48- N(12/2)- trama	T1-58- N(12/2)- trama	T1-48- B(12/2)- trama	T1-58- B(12/2)- trama
1	5,9	5,4	5,3	5,5	5,4	6	6,3	6,3
2	7,2	6,2	7,6	7	8,3	8	8,5	8,5
3	9	7	8,5	8	8,9	9,9	9,7	9,6
4	9,4	7,6	9,6	8,8	10,2	10,4	11,5	10,6
5	9,8	8	10	9,4	11,3	11,2	12	11,2
10	11,8	11,2	12,5	11,5	14	12	13,1	12,5
15	13,9	11,9	13,2	12,3	14,3	12,6	14,7	13,9
20	14,2	12,9	13,9	14	14,5	13,5	15	14,5
25	16	13,8	15,8	14,6	16,1	14,1	15,9	15,2
30	16,3	14	16,5	15	16,1	14,5	16,1	15,5

**Tabela Anexo II - 14.** Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 2

Tempo (min)	Altura (cm) Teia						Altura (cm) Trama					
	T2-48- N(12/2)	T2-58- N(12/2)	T2-58- N(8/4)	T2-48- B(12/2)	T2-58- B(12/2)	T2-58- B(8/4)	T2-48- N(12/2)	T2-58- N(12/2)	T2-58- N(8/4)	T2-48- B(12/2)	T2-58- B(12/2)	T2-58- B(8/4)
1	5,2	4,1	5	5,6	5,9	5,9	6	6,5	5	5,7	6	5,9
2	5,4	5,6	5,6	6,5	6,8	6,1	7,2	8	5,6	6,9	7,8	6,1
3	6,3	6	6,6	7,3	7,7	6,9	7,8	8,5	6,6	7,3	8,5	6,9
4	6,8	6,6	7	8	8	7,3	8,3	9	7	8,1	9,6	7,3
5	7,4	7	7,5	8,8	8,4	7,6	8,8	9,6	7,5	8,9	9,8	7,6
10	8,8	9	8	10,9	10	8,1	10,9	10,3	9,1	11	12	9,1
15	10,1	10,4	9,1	11,8	11,3	9,2	12,5	11,5	11	12,5	13,2	11
20	13,9	11,8	10,5	13,4	13,2	10,7	14,8	13,2	12	13,8	14,5	12
25	14,3	13,1	11,2	14,3	14,7	11,8	15,5	13,5	12,3	14,5	15,8	12,8
30	15,8	14,2	13,3	16	15,5	13,9	16	14,1	13,1	16	16	13,6

**Tabela Anexo II - 15.** Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 3

Tempo (min)	Altura (cm) Teia						Altura (cm) Trama					
	T3-48- N(12/2)	T3-58- N(12/2)	T3-58- N(8/4)	T3-48- B(12/2)	T3-58- B(12/2)	T3-58- B(8/4)	T3-48- N(12/2)	T3-58- N(12/2)	T3-58- N(8/4)	T3-48- B(12/2)	T3-58- B(12/2)	T3-58- B(8/4)
1	6,7	6,5	7	6	6,5	6,6	6	6,5	6,8	6,6	7	6,4
2	7,5	7,5	8	8	7,9	6,6	7,4	6,6	7,2	8,2	8,3	8
3	9,1	8,6	8,6	8,8	8,4	7,2	8,5	8,2	8	9,1	9,5	8,3
4	9,4	9,1	8,9	9,5	9,2	7,9	9,8	9,1	8,7	10,2	11,3	9,1
5	10,2	9,9	9	10,5	9,7	9	10,7	9,2	9,8	11,6	12	9,5
10	12	11,7	11	12	12	11	12,6	12	12	12,5	13,3	11,6
15	14	13,8	13	13,6	12,6	13	13,8	13,5	14	13,8	14,9	14
20	16	14,6	14	14,7	14,4	14,5	15	14,1	15	15,2	15,6	15,9
25	16,8	15,5	15,6	16,4	15,2	16,1	16	15,2	16,4	16,5	16,2	16,4
30	17,5	16,2	16,5	18,3	16,6	16,7	17,3	16,5	16,3	18,3	16,7	16,8

**Tabela Anexo II - 16.** Dispersão vertical - altura de molhagem - Tecido 4

Tempo (min)	Altura (cm) Teia						Altura (cm) Trama					
	T4-48- N(12/2)	T4-58- N(12/2)	T2-58- N(8/4)	T2-48- B(12/2)	T2-58- B(12/2)	T2-58- B(8/4)	T2-48- N(12/2)	T2-58- N(12/2)	T2-58- N(8/4)	T2-48- B(12/2)	T2-58- B(12/2)	T2-58- B(8/4)
1	6,8	6,1	6,5	6,5	6,2	6	6,8	6,2	6,9	7	6,8	6,4
2	7,5	6,7	7,6	7	7,5	6,5	7,5	7,1	8,1	8,8	8	7,9
3	8	7	8,9	8	8,5	7,3	8	8,5	8,9	9,1	8,8	8,4
4	8,5	8	9,2	8,5	9,6	8,1	8,5	8,7	9,4	10,7	9,6	9,1
5	10	10	10	9,7	11	9,6	10	9,9	10,2	11	10,5	9,8
10	12	12,6	12,4	12,5	12,8	12	13,2	12	12,5	13,7	12,7	12
15	14	13,4	13,5	13,5	13,6	14	14,9	13,5	13,8	15	14	14,3
20	15	14,4	14,6	14,9	14,8	15,3	15,9	15,3	14,3	16,1	15,5	15,3
25	16,8	15,5	15	16,4	16,2	15,6	16,6	15,9	15,6	17,3	16,2	16,1
30	17,9	16,4	16,1	18,5	16,9	16,5	17,9	16,5	16	18,4	17,1	16,7

**Tabela Anexo II - 17.** Permeabilidade ao vapor de água dos tecidos desenvolvidos

Tecido	Permeabilidade ao vapor de água (%)					
	T1-48-N(12/2)	T1-58-N(12/2)	T1-48-B(12/2)	T1-58-B(12/2)		
1 amostra	89,31	86,53	89,13	87,57		
2 amostra	89,72	89,33	91,77	90,99		
3 amostra	90,4	87,57	89,58	88,75		
Tecido (g/m <sup>2</sup> )	T2-48-N(12/2)	T2-58-N(12/2)	T2-58-N(8/4)	T2-48-B(12/2)	T2-58-B(12/2)	T2-58-B(8/4)
1 amostra	90,57	88,9	90,4	88,34	84,72	85,97
2 amostra	87,58	87,17	90,98	88,54	83,98	84,26
3 amostra	88,89	88,15	90,42	90,29	79,6	83,08
Tecido (g/m <sup>2</sup> )	T3-48-N(12/2)	T3-58-N(12/2)	T3-58-N(8/4)	T3-48-B(12/2)	T3-58-B(12/2)	T3-58-B(8/4)
1 amostra	98,68	91,82	96,33	97,68	93,02	94,69
2 amostra	96,57	94,93	94,79	97,73	95,08	94,5
3 amostra	96,59	92,33	93,39	97,86	94,52	95,67
Tecido (g/m <sup>2</sup> )	T4-48-N(12/2)	T4-58-N(12/2)	T4-58-N(8/4)	T4-48-B(12/2)	T4-58-B(12/2)	T4-58-B(8/4)
1 amostra	94,97	91,92	96,31	97,96	96,82	92,17
2 amostra	98,58	91,87	91,82	98,1	94,65	91,11
3 amostra	93,99	90,06	91,53	98,02	91,94	93,48